

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
ДЕТАЛИ «КОРПУС»

Выпускная квалификационная работа

по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
профилю подготовки «Машиностроение и материалобработка»
специализации «Сертификация, метрология и управление качеством в
машиностроении»

Идентификационный код ВКР: 385

Екатеринбург
2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:
Заведующий кафедрой ИММ
_____ Б. Н. Гузанов
« ____ » _____ 2019 г.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
ДЕТАЛИ «КОРПУС»

Выпускная квалификационная работа

Идентификационный код ВКР: 385

Исполнитель:

студент группы КМ–401п

А. О. Мосеева

Руководитель:

доцент кафедры ИММ,
канд. техн. наук, доцент

Г. Н. Мигачева

Нормоконтролер:

доцент кафедры ИММ,
канд. техн. наук, доцент

Ю. И. Категоренко

Екатеринбург
2019

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа выполнена на 77 страницах, содержит 36 рисунков, 15 таблиц, 38 источников литературы, чертеж детали «Корпус», плакат «Фрагмент управляющей программы для операции 010», плакат «Выбор средств измерения (контроля)».

Ключевые слова: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ, КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ МАШИНА, ПОВЫШЕНИЕ КВАЛФИКАЦИИ.

Мосеева А. О. Модернизация технологического процесса механической обработки и технического контроля детали «Корпус»: выпускная квалификационная работа / Мосеева А. О; Рос. гос. проф.-пед. ун-т, Ин-т инж.-пед. образования, Каф. инжиниринга и проф. обучения в машиностроении и металлургии. – Екатеринбург, 2019. – 77 с.

Для детали «Корпус» разработан модернизированный технологический процесс механической обработки за счёт применения высокопроизводительных станков с ЧПУ и составлена управляющая программа для токарной операции.

Выбраны средства контроля детали на входном и операционном контроле и предложен способ приемочного контроля с помощью КИМ.

Разработан теоретический урок повышения квалификации для контролеров ОТК на тему «Устройство КИМ Dea Global Silver, основные компоненты и их назначение».

Работа выполнена для предприятия ООО Группа «Комос».

					44.03.04.385.ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.	Мосеева				Модернизация технологического процесса механической обработки и технического контроля детали «Корпус» Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов	
Провер.	Мигачева						2	77	
						ФГАОУ ВО РГППУ, ИИПО, группа КМ – 401п			
Н. Контр.	Категоренко								
Заф. каф.	Гузанов								

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ГОСТ – межгосударственный стандарт;

КИМ – координатно-измерительная машина;

КОМПАС – комплекс автоматизированных систем;

ОТК – отдел технического контроля;

СК – средство контроля;

СОЖ – смазочно-охлаждающая жидкость;

ТК – технический контроль;

ТП – технологический процесс;

ЧПУ – числовое программное управление;

CAD – система автоматизированного проектирования.

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	8
1.1. Описание основных положений по техническому контролю	8
1.2. Особенности изготовления и контроля деталей на станках с ЧПУ	10
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	15
2.1. Анализ конструкции детали, назначения и технических требований к детали «Корпус».....	15
2.2. Характеристика и назначение материала детали	16
2.3. Технологический анализ конструкции детали «Корпус».....	17
2.3.1. Количественный анализ.....	17
2.3.2. Качественный анализ	20
2.4. Анализ существующего технологического процесса изготовления детали «Корпус».....	20
2.5. Создание модернизированного технологического процесса изготовления детали «Корпус».....	22
2.6. Выбор технологических баз	24
2.7. Выбор технологической оснастки	25
2.8. Характеристика выбранного технологического оборудования.....	27
2.9. Разработка маршрута механической обработки детали «Корпус»	30
2.10. Выбор видов и средств измерения (контроля)	37
3. КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....	44
3.1. Разработка твердотельной 3D модели детали	44
3.2. Разработка фрагмента управляющей программы	46
4. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	56
4.1. Повышение квалификации работников в учебном центре	56
4.2. Анализ профессионального стандарта	57
4.3. Разработка занятия по повышению квалификации контролеров.....	59
4.3.1. Конспект занятия.....	61
4.3.2. Разработка теста для контроля знаний.....	68

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 72

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 73

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Чертеж детали «Корпус»

ВВЕДЕНИЕ

В наши дни продукция, производимая в сфере машиностроения, пользуется высоким спросом и имеет высокие требования к качеству ее исполнения. Объемы современного производства требуют максимальной производительности, точности и окупаемости.

На смену универсальных станков приходят обрабатывающие центры и станки с числовым программным управлением. Происходит переквалификация сотрудников предприятий.

Переход на современное оборудование обосновывается тем, что оно соответствует современным требованиям в отрасли, позволяет автоматизировать большую часть процесса обработки, а также минимизировать в ней человеческий фактор.

Инжиниринговая компания ООО Группа «Комос» обновляет станочный парк современным оборудованием на базе ЧПУ и ставит перед собой задачу по обучению сотрудников, а также разработке и модернизации технологического процесса изготовления своей продукции.

Целью настоящей работы является разработка модернизированного технологического процесса обработки и контроля детали «Корпус» на станках с ЧПУ.

Для достижения указанной цели необходимо решение ряда технологических и проектно-конструкторских задач:

- описание служебного назначения детали и технологичности конструкции детали «Корпус»;
- построение 3D - модели детали в программе «Компас – 3D»;
- модернизация существующего технологического процесса с учетом применения высокопроизводительных станков с ЧПУ, оснастки и современного режущего инструмента;
- разработка фрагмента управляющей программы для станка с ЧПУ;

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- выбор контролируемых параметров и средств измерения (контроля);
- описание координатно-измерительной машины для проведения приемочного контроля детали;
- методическая часть (разработка занятия по повышению квалификации контролера отдела технического контроля).

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Описание основных положений по техническому контролю

Организацию контроля качества продукции следует проводить так, чтобы гарантировать интенсивное вмешательство в производственный процесс, т.е. осуществлять управление качеством.

Технический контроль (ТК) имеет большое значение в системе управления качеством и осуществляет проверку соответствия объекта контроля установленным техническим требованиям [9, с.10].

Объектом технического контроля является продукция на различных стадиях: изготовления, выпуска, транспортировки, применения, технического обслуживания и др. Конкретно в механообрабатывающем производстве можно привести пример таких объектов контроля: марка материала, геометрические размеры, шероховатость поверхности готового изделия, оборудование и оснастка и другие.

Виды технического контроля устанавливает ГОСТ 16504-81 [7], в соответствии с которым приведена классификация видов технического контроля по различным признакам на рисунке 1 [17, с.15].

Выбор вида технического контроля проводится в зависимости от:

- объекта контроля (качество продукции, технической документации, средств технологического оснащения, технологической дисциплины, технологического процесса);
- исполнителя контроля;
- характеристик производства;
- значимости дефектов по контролируемым признакам;
- цели и особенности его проведения.

Одновременно с проектированием технологического процесса изготовления детали следует осуществлять технический контроль, то есть

установить соответствующие контрольные операции и их последовательность, определить методы и средства технического контроля и измерений [17, с.8].

В тех случаях, когда есть вероятность брака - в начале производственного процесса или после этапа обработки, перед ответственными или сложными операциями, в конце обработки или в период эксплуатации необходимо устанавливать операции контроля.

Операции контроля устанавливаются по этапам в следующей последовательности: входной контроль, операционный контроль, приемочный контроль.

Входной контроль – контроль переданной от предприятия-поставщика к заказчику продукции, применяющейся при изготовлении, ремонте или эксплуатации продукции. Как правило, входному контролю подлежат исходные материалы, полуфабрикаты, готовые изделия поставщиков, техническая документация и прочее [7].



Рисунок 1 – Классификация видов технического контроля

Операционный контроль – контроль соответствия деталей и сборочных единиц требованиям, предъявляемым к ним в процессе или после завершения технологической операции. Производится на всех стадиях производства.

Приемочный контроль – контроль продукции, по итогам которого делают вывод о ее пригодности к использованию.

Исходя из этих этапов, выбираются соответствующие средства контроля (СК).

СК – это техническое устройство, предназначенное для определения годности изделия в пределах заданных размеров без определения действительных размеров. СК выбираются в соответствии с типом производства, например, для серийного типа используются универсальные и специальные СК. Универсальные: меры и измерительные приборы, специальные для деталей определенной геометрической формы: калибры, приборы для измерения углов, элементов резьбы, для измерения элементов зубчатых колес, а также приборы для измерения шероховатости поверхности, для измерения отклонений формы и расположения поверхностей [9].

1.2 Особенности изготовления и контроля деталей на станках с ЧПУ

С заменой универсального оборудования на более производительные станки с ЧПУ встает вопрос о влиянии этой замены на контроль инструмента, заготовки и детали при подготовке и в процессе обработки. Ведь модернизация технологического процесса невозможна без модернизации методов контроля. Современные станки позволяют не только снижать трудоемкость и повышать качество изделия, но и проводить контроль в процессе изготовления. Чтобы проследить, где происходит контроль, рассмотрим этапы выполнения работ на станке, которые остаются неизменными:

– измерение и установка заготовки с заданным ориентированием ее относительно осей станка (привязка заготовки);

- измерение и установка инструмента в рабочий орган станка, а также его привязка;
- предварительная обработка детали;
- промежуточный контроль состояния и размеров инструмента;
- промежуточный контроль размеров детали;
- ввод корректив по результатам промежуточного контроля;
- окончательная обработка с учетом корректив;
- измерение размеров готовой детали с выводом о ее соответствии требованиям чертежа [29].

Проанализировав этапы можно выделить такие особенности оборудования как:

1) Разделение и независимость процедур привязки (привязка заготовки и инструмента осуществляется не по первой стружке, т.е. не к детали, а к системе координат станка). Привязка осуществляется за счет специального датчика, который позволяет определить положение заготовки, обновляя автоматически значения рабочих смещений и обеспечивая правильность обработки детали с первого раза [29];

2) На выполнение вспомогательных операций (привязка, переустановка инструмента) вручную у оператора уходит гораздо больше времени, а с применением современных систем привязки инструмента, которые используют специальные щупы-привязчики, что повышает точность и сокращает время на переналадку. Также использование многопозиционной револьверной головы с полным набором инструментов, который привязан к координатам станка, что обеспечивает точность позиционирования инструмента и сокращает межоперационное подготовительное время, которое на универсальных станках гораздо больше из-за малой вместимости резцедержателя;

3) Процесс обработки детали на станке с ЧПУ осуществляется при высоких режимах резания и скоростях. Двери станка во время обработки должны быть закрыты в целях соблюдения техники безопасности, а также

требуется постоянная подача СОЖ в зону резания. Соответственно, необходим контроль износа инструмента, который осуществляется оператором [21];

4) При модернизации технологического процесса детали в первой партии необходимо предоставить одну наладочную заготовку для того, чтобы проверить и отработать новую управляющую программу для станка с ЧПУ. Затем предъявить наладочную деталь контролеру ОТК и в соответствии с результатами проверки отладить процесс обработки и внести необходимые изменения в управляющую программу.

Первую деталь проверяют непосредственно на остановленном станке, а остальные - у станка. При изготовлении партии одинаковых изделий контроль первой детали непосредственно на станке позволяет снизить время простоя станка, связанное с ожиданием результатов проверки на дополнительном устройстве вне станка. Для промежуточного контроля станок следует останавливать. Контроль может вести наладчик, станочник-оператор станков с ЧПУ или контролер ОТК [29].

Особенностью станков с ЧПУ также является возможность операционного контроля с помощью специальных щупов, которые автоматически проводят измерения детали и рабочему не обязательно непрерывно стоять у станка. Автоматизация происходит за счет двух основных компонентов, один из которых – датчик для измерения и контроля инструмента, а второй датчик (щуп) для контроля детали. Чтобы обеспечить необходимое измерение устанавливается взаимосвязь между, непосредственно, системой станка ЧПУ и датчиками. Взаимосвязь происходит за счет сигнала, который свидетельствует о касании датчика об заготовку, попадающего в систему станка и регистрирующего его (рис.2). За счет установленной связи, устройства ЧПУ станка имеет возможность управлять работой датчика. Эта связь может быть оптической, индуктивной, радиочастотной или проводной.

Щупы для контроля детали находятся в инструментальном магазине станка и устанавливаются в шпиндель сменщиком инструмента. Датчики

контроля инструмента устанавливаются, как правило, на рабочем столе станка и соединены с ЧПУ проводной связью [26].

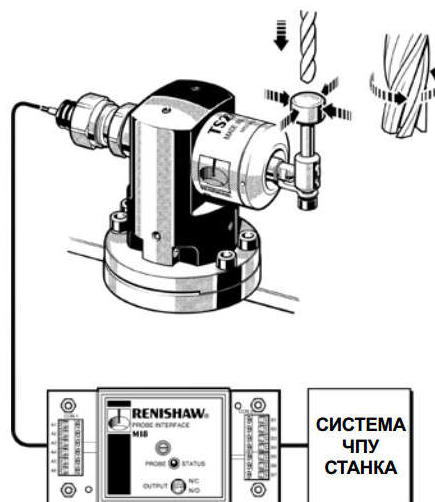


Рисунок 2 – Система контроля датчиком состояния режущего инструмента ЧПУ

Область применения датчиков для наладки, контроля и обнаружения поломки инструмента:

- неподвижный или вращающийся инструмент подводится к щупу датчика и касается его наконечника;
- наладка по длине неподвижного инструмента (метчики, сверла и т.п.);
- наладка по длине вращающихся торцевых фрез и другого крупногабаритного режущего инструмента;
- наладка вращающегося инструмента (шпоночные фрезы, расточные оправки и т.п.) по диаметру;
- контроль длины и диаметра режущего инструмента перед началом обработки, для того чтобы исключить ошибки при выборе инструмента;
- быстрая проверка режущего инструмента на предмет поломки (изменения длины) после окончания обработки [29].

Такие щупы можно встретить и на координатно-измерительных машинах, но существует ряд отличий, несколько из которых напрямую влияют на точность измерения. Самое главное отличие в способе передачи сигнала (интерфейса) от датчика в систему ЧПУ станка и от ЧПУ в датчик. Второе отличие, подрывающее точность измерения датчиком на станке возникает,

непосредственно, из-за высоких усилий резания, приводящих к деформации и нагреву деталей. Далее, сами датчики в станках, чтобы не допустить отрыва от измеряемого параметра под воздействием вибраций, должны иметь большее контактное усилие. Разность в точности самих датчиков (для станков могут быть менее точными, чем для КИМ) и такой фактор как направляющие (более точные аэростатические у КИМ, а у станков направляющие скольжения или на шарах) лишь показывают необходимость контроля не только посредством щупа станка, но и с помощью измерительной машины [26].

Но прежде чем говорить о модернизации процесса контроля необходимо рассмотреть и учесть технологичность конструкции и процесс обработки детали, характеристики применяемого инструмента и оборудования.

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Анализ конструкции детали, назначения и технических требований к детали «Корпус»

Деталь «Корпус» представляет собой тонкостенную корпусную деталь типа тела вращения, предназначена для размещения в ней механизма редуктора.

Чертеж детали «Корпус» представлен в Приложении А.

Габаритные размеры детали «Корпус» длина $L=63$ мм, наибольший диаметр $\varnothing 200$ мм, масса 1,3 кг. Деталь имеет сложный профиль. На наружной поверхности имеются 2 буртика толщиной 8мм, на которых расположены отверстия $\varnothing 7$. Также имеются 2 точных отверстия для посадки в них подшипников качения: $\varnothing 32H7$ и $\varnothing 68H7$. Две поверхности $\varnothing 158h8$ и $\varnothing 158H8$ предназначены для сопряжения с другими частями корпуса редуктора. К поверхностям корпуса предъявляются высокие требования к допуску их форм и взаимного расположения. Большое количество поверхностей имеют низкий параметр шероховатости $Ra1.6$ и $Ra0.8$. Необходимая точность достигается за счет совмещения конструкторских и технологических баз.

С целью наиболее наглядного представления была создана трехмерная модель детали «Корпус» (рис.3).

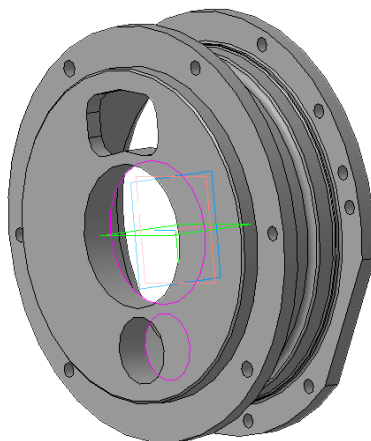


Рисунок 3 – 3D модель детали «Корпус»

2.2 Характеристика и назначение материала детали

Деталь выполнена из материала АК7ч по ГОСТ 1583-93 [1] – это чистый алюминиевый сплав, принадлежащий к категории силуминов (сплавов алюминия с кремнием), в состав которого входит 6-8% кремния и 0,2-0,5% магния. Сплав отличается прекрасной литейной способностью, высокой коррозионной стойкостью и герметичностью [10]. Химический состав представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав в % сплава АК7ч [1]

Fe	Si	Mn	Al	Cu	Pb	Be	Mg	Zn	Sn	Примесей	-
до 1.5	6 - 8	до 0.5	89.6 - 93.8	до 0.2	до 0.05	до 0.1	0.2 - 0.4	до 0.3	до 0.01	всего 2	Ti+Zr

У АК7ч, в сопоставлении с иными силуминами, довольно невысокая хрупкость, благодаря этому выпускаемые из этих отливок детали спокойно подвергаются вибрации долгое время.

Механические свойства сплава указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Механические свойства при T=20°C [1]

Марка материала	Временное сопротивление при растяжении σ_b , МПа	Относительное удлинение δ , %	Твердость по Бринеллю, НВ
АК7ч	137-225	1-4	45-70

Приведенные в таблице 2 свойства зависят от способа литья (в песчаные формы, по выплавляемым моделям, в кокиль, под давлением) и от вида термической обработки (отжиг, закалка, закалка и полное/неполное искусственное старение, закалка и стабилизирующий/смягчающий отпуск).

Из сплава производят разного рода фасонные отливки, отливки деталей машиностроения (деталей приборов, корпусов насосов, карбюраторов, функционирующие при температурах не больше +200°C; тонкостенных средненагруженных и свариваемых изделий) [27].

Рекомендуемый режим термической обработки сплава АК7ч приведен в таблице 3. Он зависит от вида термической обработки.

Таблица 3 – Рекомендуемый режим термической обработки [1]

Марка материала	Закалка			Старение	
	температура нагрева, °С	время выдержки, ч	охлаждающая среда, температура, °С	температура нагрева, °С	время выдержки, ч
АК7ч	535±5	2-6	Вода, 20-100	300±10	2-4
				150±5	1-3
				225-250±10	2-5

АК7ч позволяет применять в качестве заготовки для детали «Корпус» точное литье по выплавляемым моделям, что сокращает объем механической обработки.

2.3 Технологический анализ конструкции детали «Корпус»

Согласно ГОСТ 14.205-83 [2] технологичность конструкции изделия – это комплекс свойств конструкции изделия, характеризующих ее пригодность к оптимизации для уменьшения затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Для совершенствования технико-экономических показателей, сокращения трудоемкости и металлоемкости, смены оснастки и универсальных станков на более автоматизированные проводят анализ технологичности конструкции детали. При улучшении которой сводятся к минимуму затраты на ее производство без вреда для служебного назначения [15].

Технологический анализ детали проводят как количественный, так и качественный.

2.3.1 Количественный анализ

Для проведения количественной оценки технологичности конструкции в соответствии с ГОСТ 14.201-83 [3] в качестве показателей технологичности

рассматриваются: масса детали, коэффициент применяемости материала, коэффициент точности обработки, коэффициент шероховатости поверхностей, уровень технологичности конструкции по технологичной себестоимости.

Таблица 4 – Количественные показатели технологичности детали

Наименование поверхностей	Количество поверхностей	Количество унифицированных элементов	Квалитет точности	Шероховатость Ra, мкм
Ø7H14	12	12	14	12.5
Ø164h14	1	1	14	12.5
94 ₂	2	2	14	12.5
Ø32H7	1	1	7	0.8
Ø196h14	1	1	14	12.5
Ø158h8	1	1	8	1.6
Ø148H15	1	1	15	12.5
Ø68H7	1	1	7	0.8
2±0.5	2	2	14	12.5
9±0.18	2	2	14	12.5 6.3
54h12	2	2	12	0.8
8±0.29	2	2	14	12.5 6.3
Ø158H8	1	1	8	1.6
Ø170h14	1	1	14	12.5
Ø200h14	1	1	14	12.5
8±0.5	1	1	14	12.5
Ø8H8	2	2	8	1.6
Ø7H14	4	4	14	12.5
Ø148H14	1	1	14	12.5

1) Унификация конструктивных элементов подтверждается следующим условием:

$$E_{y.э} \geq 0,6$$

Коэффициент унификации конструктивных элементов:

$$K_{y.э} = \frac{Q_{y.э}}{Q_{э}} = \frac{40}{40} = 1,0 \quad (1)$$

где $Q_{y.э}$ – количество унифицированных элементов;

$Q_{э}$ – общее количество элементов;

т.к. $1 > 0,6$, следовательно, условие выполняется, поэтому деталь по данному показателю технологична.

2) Коэффициент использования материала:

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_z} = \frac{1,3}{1,8} = 0,72 \quad (2)$$

где M_d – масса детали;

M_z – масса заготовки;

Для изготовления этого типа детали $K_{им}=0,72$, что свидетельствует о хорошем использовании материала.

3) Технологичность детали по точности обработки подтверждается следующим условием:

$$K_{то} \geq 0,8$$

Коэффициент точности обработки:

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{A_{ср}} \quad (3)$$

где $A_{ср}$ – средний квалитет точности;

$$A_{ср} = \frac{P_{1y} + 2P_2 + 3P_3 \dots + 17P_{17}}{\sum_{i=1}^{17} P_i} \quad (4)$$

где P_i – число поверхностей детали точностью соответственно по 1-17 квалитетам;

$$A_{ср} = \frac{7 \times 2 + 8 \times 4 + 12 \times 2 + 14 \times 31 + 15 \times 1}{40} = 12,975$$

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{12,975} = 0,9$$

т.к. $0,9 > 0,8$, следовательно, деталь по данному показателю технологична.

4) Технологичность детали по параметру шероховатости поверхностей подтверждается следующим условием:

$$K_{ш} \leq 0,32$$

Коэффициент шероховатости:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{ср}}, \quad (5)$$

где $B_{ср}$ – средняя шероховатость поверхности, определяемая в значениях параметра Ra , мкм;

$$B_{ср} = \frac{2 \times 0,8 + 4 \times 1,6 + 4 \times 6,3 + 30 \times 12,5}{40} = 10,2 \text{ мкм.}$$

$$K_{ш} = \frac{1}{10,2} = 0,098,$$

т.к. $0,098 < 0,32$, следовательно, деталь технологична.

2.3.2 Качественный анализ

Деталь «Корпус» тонкостенная имеет сложный профиль, большое количество отверстий, повышенные требования к взаиморасположению поверхностей.

При конструировании изделий используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства.

Предусмотрена возможность удобного подвода жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали.

Обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки.

Исходя из проведенных анализов на технологичность, можно сделать вывод, что деталь технологична.

2.4 Анализ существующего технологического процесса детали «Корпус»

По имеющимся технологическим картам классифицируем ТП по некоторым признакам:

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- по числу охватываемых изделий - среднесерийный;
- по назначению - рабочий;
- по документации - маршрутно-операционный [15].

Оценим оптимальность исходного варианта обработки детали с помощью маршрутных технологических карт, приведенных в таблице 5.

Таблица 5 – Маршрутная карта исходного ТП

№ Операции	Название операции	Оборудование
005	Заготовительная	Литье по выплавляемым моделям
010	Токарная	16K20
015	Токарная	16K20
020	Расточная	2е78п
025	Сверлильная	вертикально-сверлильный станок 2н135
030	Фрезерование	бр12 вертикально-фрезерный станок
035	Сверлильная	координатно-сверлильный станок 2554ф2
040	Слесарная	Верстак
045	Контрольная	Стол контроля

Достоинства технологического процесса:

- заготовка для детали «Корпус» выполняется точным литьем по выплавляемым моделям. Этот наиболее производительный способ изготовления с высокой точностью по размерам и очень хорошим качеством поверхности заготовки. При таком способе припуски на обработку получаются минимальные, снижаются затраты на материал, уменьшается время, затраченное на обработку;
- последовательность операций механической обработки соответствует общепринятым этапам построения маршрута обработки, правильность заполнения технологических карт вполне удовлетворяет требованиям, предъявляемым, к детали и позволяет производить обработку в условиях соответствующих серийному производству;
- режимы резания обеспечивают заданную точность обработки.

Недостатки технологического процесса:

- использование универсального оборудования, стандартного режущего инструмента;
- применение нескольких комплектов технологических баз приводит к снижению точности обработки из-за погрешности взаимного расположения новых и применявшихся ранее технологических баз;
- значительные временные нормозатраты, определенные режимами резания, и применяемый материал режущего инструмента недостаточно экономически выгодны.

Рекомендации:

Так как, заготовки соответствуют заданным условиям среднесерийного производства и поставляются в механический цех с уже проконтролированными механическими свойствами рекомендуется использовать их в модернизированном ТП.

Для условий среднесерийного производства и такой сложной детали «Корпус», чтобы максимально сократить число переустановов необходимо применить современные высокопроизводительные станки и более прогрессивный режущий инструмент.

Сокращению числа переустановов и времени на вспомогательные операции способствует использование станков с числовым программным управлением.

2.5 Создание модернизированного технологического процесса детали «Корпус»

В связи с обновлением оборудования возникла необходимость в модернизации технологического процесса и технического контроля детали.

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Модернизация технологического процесса «Корпус» заключается в том, что обработка детали ведется с минимальным количеством установов, что значительно уменьшает время на переналадку детали.

В качестве оборудования для механической обработки детали «Корпус» представлены станки с ЧПУ: Emcomat E-300, Emcomat E-400, FTU 1250. Станки с программным управлением имеют значительные преимущества перед универсальными станками:

- 1) Повышенная производительность;
- 2) Сочетание высокой точности обработки и гибкости производства;
- 3) Сокращение вспомогательного времени на обработку;
- 4) Сокращение количества операций и переходов;
- 5) Сокращение доводочных операций;
- 6) Облегчение условий труда;
- 7) Ускоренная оборачиваемость средств;
- 8) Возможность обрабатывать более сложные детали;
- 9) Сокращение производственных и вспомогательных площадей;
- 10) Возможность вносить изменения по ходу производства [30].

Таблица 6 – Маршрутная карта модернизированного ТП

№ операции	Наименование операции,	Оборудование
005	Заготовительная	Литье по выплавляемым моделям
010	Токарная	ЧПУ E-300
015	Комплексная	ЧПУ E-400
020	Комплексная	ЧПУ E-400
025	Сверлильная	FTU 1250
030	Контрольная	Контрольный стол

В сравнении с базовым ТП (табл. 5) в модернизированном ТП (табл. 6) сократились число операций с 9 до 6, что привело к уменьшению установов и переходов. Количество операций сократилось в связи с внедрением в технологический процесс современного оборудования с многопозиционными

револьверными головками, а также специальными приводными блоками, что позволило объединить токарные операции и операцию сверления, выполняемые ранее на разных станках, в комплексную операцию для одного станка с ЧПУ. В результате, время на изготовление минимизировано, а готовая деталь соответствует всем заданным требованиям точности, согласно чертежу.

2.6 Выбор технологических баз

Согласно ГОСТ 21495-76 [6] под базированием следует понимать придание заготовке или сборочной единице определенного положения, определяемого базами, относительно выбранной системы координат.

Для установки заготовки выделяют черновые и чистовые базы.

К черновым базам относят поверхности, которые используются на первой операции, когда отсутствуют обработанные поверхности. В качестве черновых баз принимаются: торец детали «А» и отверстие «Б» в соответствии с рисунком 4.

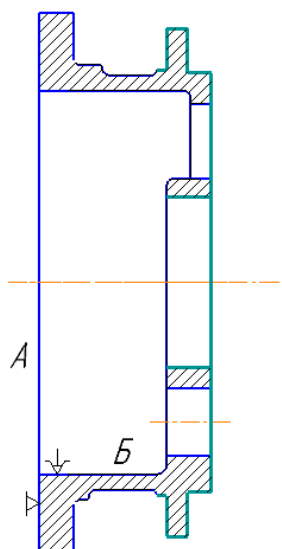


Рисунок 4 – Черновое базирование детали

Чистовая база – это обработанная поверхность, на которую устанавливается деталь при обработке. Для чистового базирования используется специальное приспособление, которое было разработано при

модернизации технологического процесса. В качестве чистовой базы принимается отверстие «В», а для ориентации и лишения одной из степени свободы применяется отверстие «Г» в соответствии с рисунком 5.

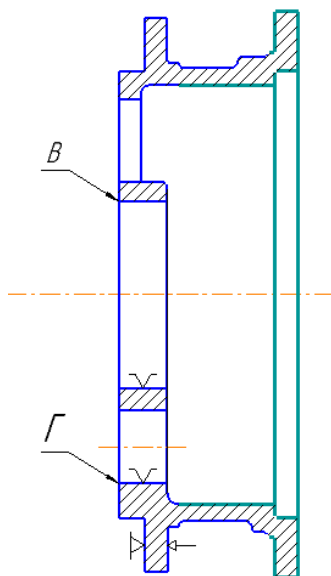


Рисунок 5 – Чистовое базирование детали

При выборе технологических баз был выдержан принцип совмещения и постоянства баз. Осуществление принципа снижает погрешности взаимного расположения обработанных поверхностей, уменьшается величина погрешности, накапливаемой при переустановке.

2.7 Выбор технологической оснастки

В качестве режущего инструмента были выбраны резцы с быстросменными твердосплавными пластинами Korloy, фрезы с напайными твердосплавными пластинами и цельные твердосплавные сверла.

Быстросменные твердосплавные пластины Korloy обладают повышенной износостойкостью, позволяют вести обработку с повышенными режимами резания, что в свою очередь повышает производительность труда. Данные пластины обладают точной геометрией, которая обеспечивает:

- 1) Более точную и чистую обработку, по сравнению с резцами с напайными пластинами;
- 2) Уменьшение вибраций, возникающих при обработке;
- 3) Улучшенное дробление стружки;
- 4) Уменьшение времени на наладку станка [33].

Но в свою очередь данные пластины требуют строгого соблюдения рекомендуемых режимов резания, нарушение которых ведет к быстрому износу инструмента, понижению точности обработки и снижению производительности.

Для закрепления пластинок используются державки Korloy. Данные державки обеспечивают надежное крепление пластин, вследствие чего уменьшаются вибрации, возникающие при обработке, что в свою очередь повышает точность обработки, повышение износостойкости, повышенную чистоту обработанных поверхностей. Точные параметры державок обеспечивают их взаимозаменяемость при обработке и уменьшение времени на наладку станка.

В качестве вспомогательного инструмента для закрепления режущего инструмента в станках используются оправки EWS и Pumorì. Данные оправки имеют высокую точность изготовления, благодаря чему обеспечивается точное позиционирование режущего инструмента.

В комплексных операциях для сверления и фрезерования используются приводные блоки WTO, подсоединяемые в приводной револьверной головке станков E-400. Зажим осевого в блоках инструмента осуществляется при помощи цанг Fahrion.

Для обработки заготовку устанавливают в трехкулачковом патроне при черновой обработке, и в специальных приспособлениях при последующей чистовой обработке. Специальные приспособления необходимы для обеспечения соблюдения принципа постоянства баз, для достижения необходимой точности при обработке.

2.8 Характеристика выбранного технологического оборудования

Emcomat E-300 и E-400 – токарные циклические станки с ЧПУ, оборудованные высокопроизводительными системами управления, диалоговым программированием и скользящим пультом управления [30].

Станки обрабатывают детали типа тел вращения, нарезают однозаходные и многозаходные резьбы. Благодаря шариковой винтовой подаче достигается идеальная плавность хода, и обработка производится бесшумно и с высокой точностью.

Прочная литая станина отлично заглушает вибрации, а полное покрытие раздвижными защитными дверцами рабочей зоны гарантирует безопасную работу и делает возможным оптимальный доступ к ней.

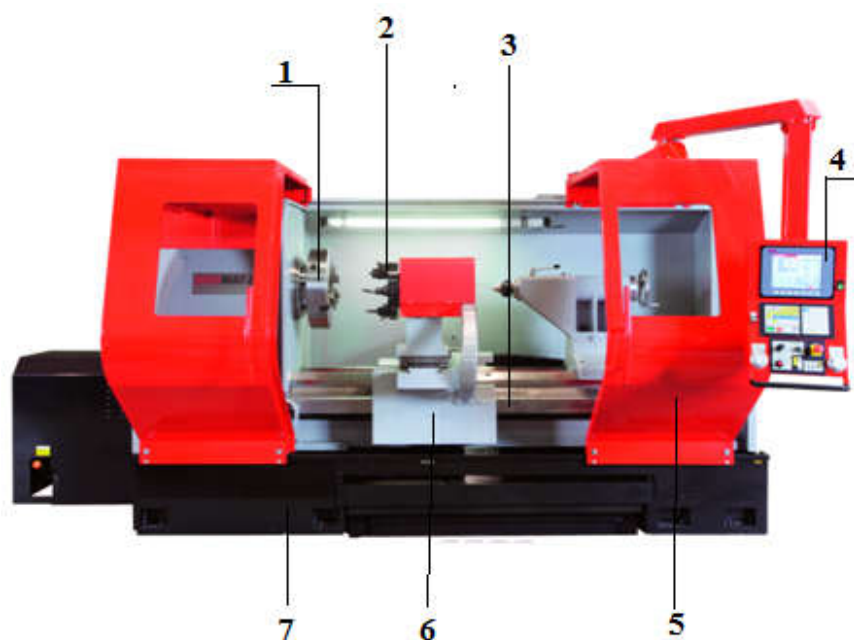


Рисунок 6 – Токарный станок с ЧПУ Emcomat E-300

1. Шпиндельная бабка:

- система привода Siemens;
- диаметр штанги 108 мм;
- ось С.

2. Револьверная голова:

- различные ручные и автоматические системы инструментов;
- ведомые инструменты.

3. Станина:

- литая чугунная станина;
- ребристое покрытие.

4. Управление:

- Fagor 8055;
- 11.4 " ЖК-монитор;
- электр. Маховики Z / X;
- джойстик для подачи;
- интерфейс RS-232.

5. Большие защитные двери:

- защита от стружки;
- большой доступ к рабочему пространству.

6. Направляющие:

- закаленные и шлифованные.

7. Основание станка:

- большой бак охлаждающей жидкости;
- легкое очищение;
- большой контейнер для стружки.

Таблица 7 – Технические характеристики Emcomat E-300

Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
Точность позиционирования	мм	0,001
Максимальный диаметр устанавливаемой детали через станину	мм	550
Максимальный диаметр обточки через поперечные салазки	мм	340
Продольное перемещение	мм	1500
Количество позиций инструмента		6
Мощность привода	кВт	25
Частота вращения шпинделя	Об/мин	0-2500
Масса	кг	3600
Габариты	мм	Д/Ш/В: 2160*2130*1840
Система ЧПУ	FAGOR 8055	



Рисунок 7 – Токарный станок с ЧПУ Emcomat E-400

Таблица 8 – Технические характеристики Emcomat E-400

Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
Точность позиционирования	мм	0,001
Максимальный диаметр устанавливаемой детали через станину	мм	900
Максимальный диаметр обточки через поперечные салазки	мм	580
Продольное перемещение	мм	2000
Количество позиций инструмента (резцедержатель/револьверная головка)		4/12
Мощность привода	кВт	33
Частота вращения шпинделя	Об/мин	0-1200
Масса	кг	9500
Габариты	мм	Д/Ш/В: 3060*2470*2070
Система ЧПУ	FAGOR 8055	

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ FTU-1250

Фрезерный станок FTU 1250 фирмы TYNTECH (Чешская Республика) находит применение в серийном производстве сложных деталей, требующих условий стабильной точности, устойчивости к вибрациям и повышенной жесткости. Большой выбор принадлежностей позволяет фрезеровать плоские, круговые и наклонные поверхности, проводить операции сверления, растачивания, долбления и шлифовки [32].



Рисунок 8 – Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ FTU 1250

Таблица 9 – Технические характеристики FTU 1250

Наименование характеристики	Ед. изм.	Значение
Точность позиционирования	мм	0,005
Рабочая зона. X/Y/Z	мм	1250/500/470
Размер стола	мм	1800*400
Количество скоростей		12
Частота вращения шпинделя	об/мин	40-1750
Мощность привода	кВт	7,5
Рабочая подача стола	мм/мин	20-1200
Масса	кг	3600
Габариты	мм	Д/Ш/В: 3000*2500*1830

2.9 Разработка маршрута механической обработки детали «Корпус»

Операция 010 Токарная с ЧПУ E-300

- 1) Установить и закрепить заготовку (трехкулачковый патрон).
- 2) Точить по контуру $\varnothing 162$, $\varnothing 196$, 9IT14/2, выдерживая размер 57;
Резец S20N-SCLPR (где R-правое исполнение резца) (рис.9),
с твердосплавной быстросменной пластинкой CCGT-09T308-AK (рис.10);
Штангенциркули ШЦ-II-125-0,05 и ШЦ-I-200-0,05.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

44.03.04.385.ПЗ

Лист

30

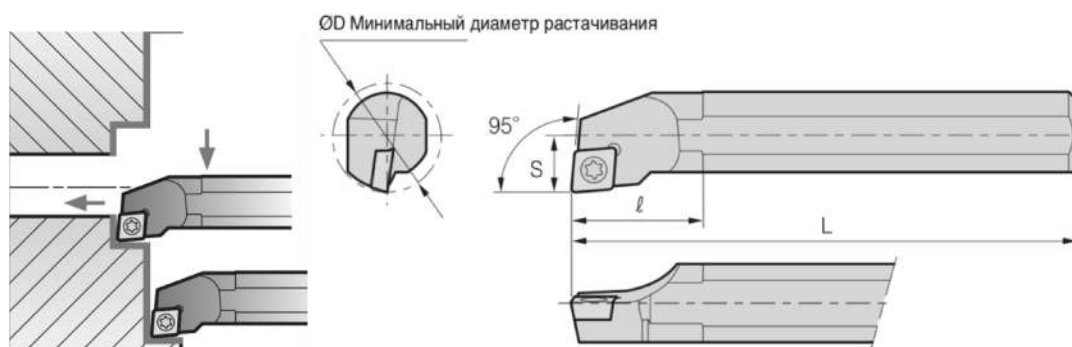


Рисунок 9 – Резец S20N-SCLPR

Размеры резца (мм): $D=25$; $L=160$; $S=12,5$; $l=20$.

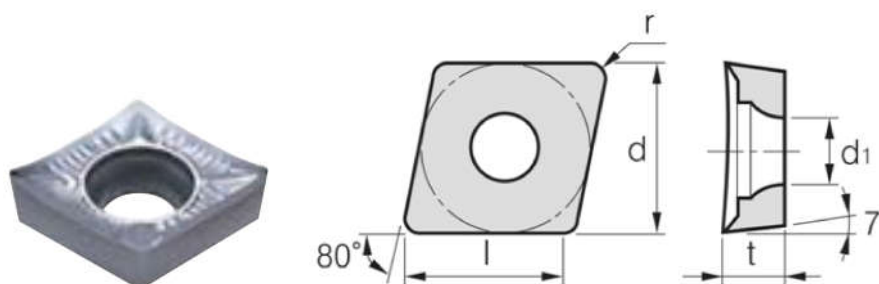


Рисунок 10 – пластина CCGT-09T308-AK

Пластины со специальной геометрией применяются для обработки алюминия и обеспечивают стабильное стружкодробление, уменьшение силы резания и вибраций. Материал пластины – твердый сплав Н01 [33].

Размеры пластины (мм): $l=8,8$; $d=9,525$; $t=3,97$; $r=0,8$; $d_1=4,4$.

Рекомендуемые режимы резания при обработке АК7ч: подача $S(\text{мм/об})=0,2$, скорость резания $V(\text{м/мин})=400$, глубина резания $t(\text{мм})=2$, частота вращения шпинделя $n(\text{об/мин})=650$ [33].

3) Точить по контуру $\varnothing 164$, 8IT14/2, Резец S20N-SCLPL-09 (где L-левое исполнение резца) с твердосплавной быстросменной пластинкой CCGT-09T302-AK (рис.10);

Размеры пластины (мм): $l=9,4$; $d=9,525$; $t=3,97$; $r=0,2$; $d_1=4,4$.

Пластина из твердого сплава марки Н01 предназначена для обработки алюминия [33].

Рекомендуемые режимы резания при обработке АК7ч: подача $S(\text{мм/об})=0,1$, скорость резания $V(\text{м/мин})=300$, глубина резания $t(\text{мм})=2$, частота вращения шпинделя $n(\text{об/мин})=485$ [33].

Штангенциркули ШЦ-II-125 и ШЦ-I-200-0,05.

4) Расточить $\varnothing 62$ до $\varnothing 66$ на длину 17;

Резец расточной SVJCR2020-K11 (рис.11) с твердосплавной быстросменной пластинкой VCGT-130302-AK (рис.12);

КГП- $\varnothing 66$ Н11.

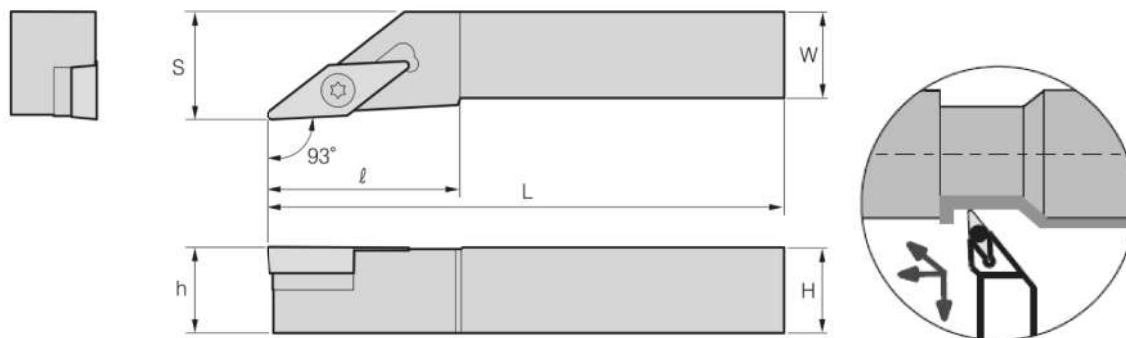


Рисунок 11– Резец расточной SVJCR2020-K11

Размеры резца (мм): H=20; W=20; L=125; S=25; h=20; l=25.

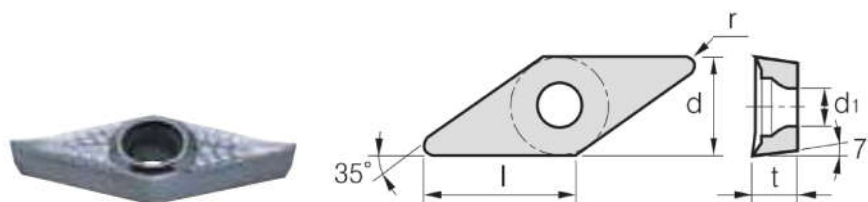


Рисунок 12 – пластина VCGT-130302-AK

Размеры пластины (мм): l=10,5; d=7,94; t=3,18; r=0,2; d₁=3,4.

Пластина из твердого сплава марки Н01 предназначена для обработки алюминия [33].

Рекомендуемые режимы резания для обработки АК7ч: подача S(мм/об)=0,2, скорость резания V(м/мин)=300, глубина резания t(мм)=2, частота вращения шпинделя n(об/мин)=1440 [33].

5)Снять заготовку.

6)Контроль исполнителем. Штангенциркули ШЦ-II-125 и ШЦ-I-200-0,05; КГП- $\varnothing 66$ Н11.

Операция 015 Комплексная с ЧПУ Е-400

1) Установить и закрепить заготовку (специальное приспособление).

2) Подрезать торец в размер 54h12, точить $\varnothing 200$;

Резец S20N-SCLPR, с твердосплавной быстросменной пластинкой CCGT-09T308-C05 (рис.13);

Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1.

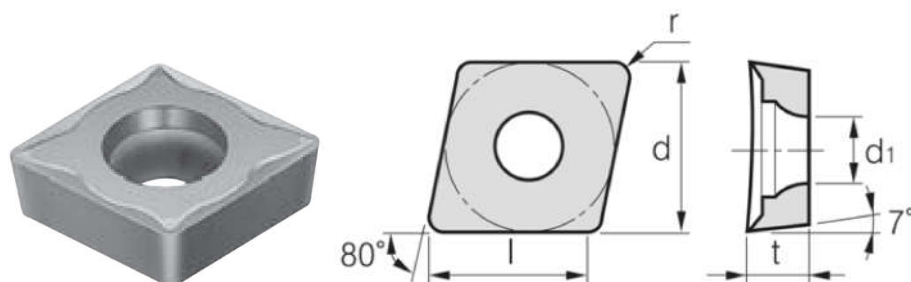


Рисунок 13 – пластина CCGT-09T308-C05

Размеры пластины (мм): $l=8,8$; $d=9,525$; $t=3,97$; $r=0,8$; $d_1=4,4$.

Пластина из твердого сплава марки Н01 предназначена для обработки алюминия [33].

Рекомендуемые режимы резания для обработки АК7ч: подача $S(\text{мм/об})=0,2$, скорость резания $V(\text{м/мин})=400$, глубина резания $t(\text{мм})=1,5$, частота вращения шпинделя $n(\text{об/мин})=636$ [33].

3) Точить по контуру $\varnothing 170$, радиус 1, торец 8IT14/2;

Резец S20N-SCLPR, с твердосплавной быстросменной пластинкой CCGT-09T308-AK;

Пластина из твердого сплава марки Н01 предназначена для обработки алюминия [33].

Рекомендуемые режимы резания для обработки АК7ч: подача $S(\text{мм/об})=0,1$, скорость резания $V(\text{м/мин})=300$, глубина резания $t(\text{мм})=1$, частота вращения шпинделя $n(\text{об/мин})=477$ [33].

Штангенциркули ШЦ-II-250 и ШЦ-I-150-0,05.

4) Расточить $\varnothing 158\text{H}8$, выдерживая размер $8\pm 0,5$ по контуру с расточкой за один проход $\varnothing 148_{-1}$ выдерживая размер 34 ± 1 ;

Резец расточной SVJCR2020-K11 с твердосплавной быстросменной пластинкой VCGT-130302-AK;

Пластина из твердого сплава марки Н01 предназначена для обработки алюминия [33].

Рекомендуемые режимы резания для обработки АК7ч: подача $S(\text{мм/об})=0,1$, скорость резания $V(\text{м/мин})=300$, глубина резания $t(\text{мм})=1$, частота вращения шпинделя $n(\text{об/мин})=654$, количество проходов $i=4$.

КГП-Ø158Н8; Штангенциркуль ШЦ-II-125-0,05.

5) Просверлить 12 отверстий Ø7 в соответствии с чертежом;

Блок приводной DIN 5480/410116033-30 (рис.14);

Размеры (мм): $D=30$; $d=1-16$; $e=47$; $f=42$; $L_1=94$; $L_2=65$.

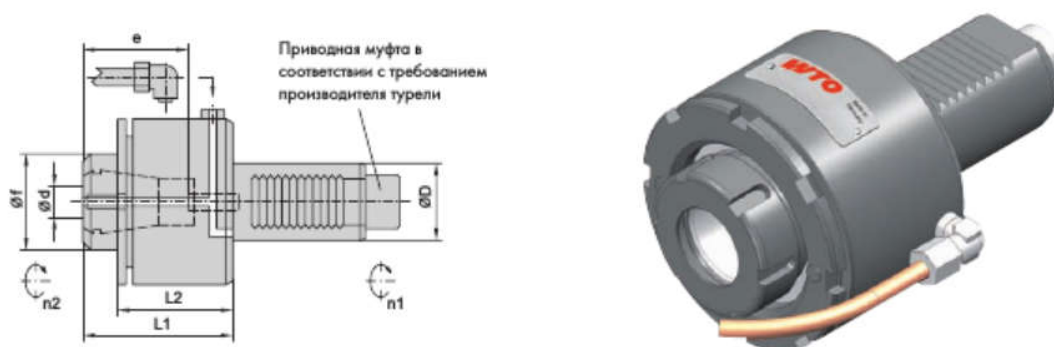


Рисунок 14 – Блок DIN

Сверло MSD070x40-84Lx7S (рис.15);

Обозначение: MSD диаметр сверла x длина рабочей части – общая длина L x диаметр хвостовика S.

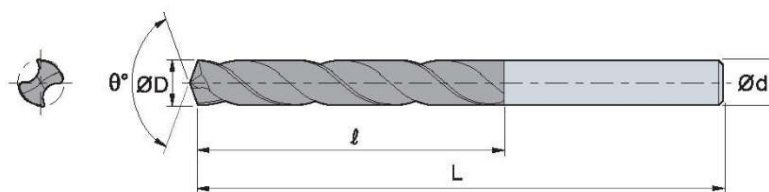


Рисунок 15 – Сверло MSD

Размеры (мм): $D=7$; $d=7$; $l=40$; $L=84$.

Осуществляет обработку алюминия и алюминиевых сплавов для средних и низких скоростей резания. Материал сверла – твердый сплав FG2 [33].

Рекомендуемые режимы резания для АК7ч: подача $S(\text{мм/об})=0,08$, скорость резания $V(\text{м/мин})=90$, глубина резания $t(\text{мм})=3,5$, частота вращения шпинделя $n(\text{об/мин})=4000$ [33].

КГП Ø7Н14.

6) Профрезеровать 2 лыски в соответствии с чертежом.

Блок приводной DIN 5480/410116033-30;

Фреза концевая Hoffman 012x26-83-12;

Концевые четырехзубые твердосплавные фрезы для многофункциональной фрезерной обработки с высокими подачами в мягких материалах, в том числе и алюминия [34].

Рекомендуемые режимы резания для обработки АК7ч: подача $S(\text{мм/об})=0,093$, скорость резания $V(\text{м/мин})=40$, глубина резания $t(\text{мм})=6$, частота вращения шпинделя $n(\text{об/мин})=950$ [34].

Угломер тип 1 ГОСТ 5378-88.

7) Зачистить заусенцы;

Напильник плоский тупоносый, 150 мм, №4, 2820-0014, ГОСТ 1465-80.

8) Снять заготовку.

9) Контроль исполнителем. Штангенциркули ШЦ-II-250 и ШЦ-I-150-0,05; угломер тип 1 ГОСТ 5378-88; КГП-Ø66Н11; КГП Ø7Н14.

Операция 020 Комплексная с ЧПУ NEF 400

1) Установить и закрепить заготовку (специальное приспособление).

2) Точить по контуру фаску $1 \times 45^\circ$, Ø158 мм выдерживая размер 9;

Резец S20N-SCLPR, с твердосплавной быстросменной пластинкой CCGT-09T308-AK;

Рекомендуемые режимы резания для обработки АК7ч: подача $S(\text{мм/об})=0,2$, скорость резания $V(\text{м/мин})=400$, глубина резания $t(\text{мм})=1$, частота вращения шпинделя $n(\text{об/мин})=650$ [33].

Штангенциркули ШЦ-II-125-0,05, ШЦ-I-200-0,05.

3) Расточить отверстие Ø68 насквозь;

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Резец расточной SVJCR2020-K11 с твердосплавной быстросменной пластинкой VCGT-130302-AK;

Рекомендуемые режимы резания для обработки АК7ч: подача $S(\text{мм/об})=0,05$, скорость резания $V(\text{м/мин}) = 300$, глубина резания $t(\text{мм})=1$, частота вращения шпинделя $n(\text{об/мин})=1100$ [33].

Калибр гладкий пробка Ø68H7.

4) Расточить отверстие Ø148, выдерживая размер 2;

Резец расточной SVJCR2020-K11 с твердосплавной быстросменной пластинкой VCGT-130302-AK;

ШЦ-II-250-0,05, ШЦ-I-125-0,1.

5) Сверлить 6 отверстий Ø7 в соответствии с чертежом;

Блок приводной DIN 5480/410116033-30. Сверло MSD070x40-84Lx7S. КГП Ø7H14.

Рекомендуемые режимы резания для обработки АК7ч: подача $S(\text{мм/об})=0,08$, скорость резания $V(\text{м/мин})=90$, глубина резания $t(\text{мм})=3,5$, частота вращения шпинделя $n(\text{об/мин})=4000$ [33].

5) Снять заготовку.

6) Контроль исполнителем. Калибр гладкий пробка Ø68H7, КГП Ø7H14, КГС Ø158h8; штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05, ШЦ-I-150-0,05.

Операция 025 Сверлильная с ЧПУ FTU 1250

1) Установить и закрепить заготовку. Специальное приспособление.

2) Сверлить отверстие Ø31,75. Сверло-зенкер Ø31,75 P6M5 (рис.16).

Режимы резания: $t(\text{мм})=2,875$; $S(\text{мм/об})=0,84$; $n(\text{об/мин})=200$; $V(\text{м/мин})=19,939$.

Таблица 10 – Геометрические параметры режущего инструмента

Сверло	Зенкер
угол при вершине $2\phi - 140^\circ$	главный угол в плане $\phi - 30^\circ$
передний угол $\gamma - 5^\circ$	угол наклона винтовой канавки $\omega - 35^\circ$
угол наклона винтовой канавки $\omega - 45^\circ$	передний угол $\gamma - 7^\circ$
задний угол $\alpha - 10^\circ$	задний угол $\alpha - 15^\circ$
длина $l = 37$	диаметр режущей части – 30,75; длина $l = 34$
диаметр режущей части – 30	Хвостовик – конус Морзе №5
	Материал режущей части – P6M5 ГОСТ 19265-73.

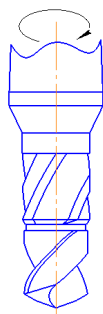


Рисунок 16 – Сверло-зенкер

3) Развернуть отверстие Ø31,93. Развертка цилиндрическая Ø32 черновая Р6М5.

Режимы резания: $t(\text{мм})=0,09$; $S(\text{мм/об})=1$; $n(\text{об/мин})=20$; $V(\text{м/мин})=2$.

4) Развернуть отверстие Ø32Н7. Развертка цилиндрическая Ø32 чистовая Р6М5;

Режимы резания: $t(\text{мм})=0,0035$; $S(\text{мм/об})=1$; $n(\text{об/мин})=20$; $V(\text{м/мин})=2$.

Калибр гладкий пробка Ø32Н7.

5) Снять заготовку.

2.10 Выбор видов и средств измерения (контроля)

Для детали «Корпус» представлен маршрут технического контроля в общем виде, который содержит:

Входной контроль

1) Контроль линейных и диаметральных размеров и припусков под обработку, марки материала заготовки по сертификату;

2) Средства контроля – универсальные;

3) Охват контролем – 100%;

4) Исполнитель контроля – контролер ОТК.

Операционный контроль

1) Контроль на каждой технологической операции;

2) Средства контроля – универсальные и специальные (шаблоны, скобы, калибры);

3) Исполнитель контроля: рабочий, контролер ОТК.

4) Охват контролем – 50%

Приемочный контроль

1) Контроль ответственных размеров, отклонений формы и расположения поверхностей;

2) Средства контроля – координатно-измерительная машина;

3) Охват контролем – 100%;

4) Исполнитель контроля – контролер ОТК, представитель заказчика.

Так как тип производства детали «Корпус» - среднесерийный, то разрабатывается технология контроля с маршрутно-операционным и операционным описанием. Применяется контроль: выборочный операционный статистическими методами, сплошной операционный для ответственных и высокоточных деталей, профилактический контроль первой детали. Приемочный контроль, в основном, сплошной. Применяются универсальные средства измерения (контроля), калибры, шаблоны, координатно-измерительная машина.

Процесс технического контроля детали представлен в виде таблицы 11, в которой описан порядок проведения контроля с указанием содержания каждой операции контроля.

Таблица 11 – Технологический процесс технического контроля детали

Наименование операции контроля	Номер операции обработки	Содержание операции (контролируемые параметры)
1	2	3
Входной контроль	005	Проверка материала на соответствие документации, Контроль размеров: диаметральных - $\varnothing 166h14$; $\varnothing 206h14$; $\varnothing 208h14$; $\varnothing 168h14$; $\varnothing 80h14$; $\varnothing 148H14$; $\varnothing 62H14$; $\varnothing 26H14$; линейных - $9\pm 0,18$; $15\pm 0,215$; $13\pm 0,215$; $60\pm 0,37$; $9\pm 0,18$; $50\pm 0,37$; Контроль радиуса - R22.

Окончание таблицы 11

Операционный контроль	010	Контроль линейных размеров: $8\pm 0,180$; $9\pm 0,180$; $57\pm 0,37$; Контроль диаметральных размеров: $\varnothing 196h14$; $\varnothing 162h11$; $\varnothing 164h14$; $\varnothing 66H11$; Контроль радиуса: R1
	015	Контроль линейных размеров: $54_{-0,3}$; $8\pm 0,180$; $8\pm 0,5$; $34\pm 0,1$; 170_{-1} ; Контроль диаметральных размеров: $\varnothing 200h14$; $\varnothing 158H8$; $\varnothing 148H14$; $\varnothing 148H15$; $\varnothing 7H14$; Контроль радиусов: R1; R0,6; Контроль углов: 30° , 60° , 30° , $25^\circ 30' \pm 30'$, $60^\circ, 30^\circ$, $15^\circ 30'$, 30° , $60^\circ, 30^\circ$, 120° , $30^\circ \pm 1^\circ$
	020	Контроль диаметральных размеров: $\varnothing 158h8$; $\varnothing 68H7$; $\varnothing 158H8$; $\varnothing 7H14$; Контроль фаски: $1,5 \times 45^\circ$; Контроль углов: $45^\circ, 45^\circ, 30^\circ, 30^\circ$
	025	Контроль отверстия: $\varnothing 32H7$
Приемочный контроль		Контроль диаметральных размеров: $\varnothing 158h8$; $\varnothing 68H7$; $\varnothing 158H8$; $\varnothing 32H7$; Контроль требований: Позиционный допуск 0,5; Допуск радиального биения 0,15 Допуск параллельности 0,02 Допуск параллельности 0,05 Допуск соосности 0,05 Контроль шероховатости.

Выбор видов технического контроля

Для выбора видов контроля воспользуемся рисунком 1.

Для среднесерийного производства используем технологию контроля с операционным описанием.

Результат выбора видов контроля представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Виды контроля

Наименование операции	Виды контроля
Входной контроль	Сплошной, измерительный, визуальный, неразрушающий, документированный
Операционный контроль	Выборочный, измерительный, неразрушающий
Приемочный контроль	Сплошной, измерительный, неразрушающий

Выбор средств измерения (контроля)

Обоснованный выбор контролируемых параметров, при разработке и модернизации действующего технологического процесса, являются исходными данными для выбора методов и средств контроля. Цель выбора контролируемых параметров – сократить до минимума контролируемые параметры при обеспечении высокого качества выпускаемой продукции. Применение специальных средств контроля (приспособлений и/или оборудования) целесообразно при отсутствии стандартизованных и универсальных средств контроля и в случаях, если применение специальных средств из-за преимуществ в точности, надежности и производительности.

Порядок выбора средств измерения (контроля) по точности измерения:

1) Определение допускаемой погрешности измерения контролируемого параметра в соответствии с ГОСТ 8.051-81 [5].

2) Выбор средства измерения в соответствии с РД 50-98-86 [8].

3) Сопоставление допускаемой погрешности измерения Δ и предельной погрешности средства контроля δ . При этом должно соблюдаться условие $\delta \leq \Delta$, т.е. предельная погрешность средства контроля не должна превышать допускаемую погрешность измерения контролируемого параметра.

4) По результатам сопоставления ограничивают номенклатуру средств измерения (контроля). Из выбранных приборов следует выбирать тот, который имеется в наличии, проще в обращении и к условиям применения которого предъявляются менее жесткие требования.

Результат выбора средств измерения (контроля) на каждой контрольной операции представлен в виде таблицы 13. В таблице также указано число контрольных точек.

Таблица 13 – Средства измерения (контроля) детали

Контролируемый параметр	Допускаемая погрешность измерения (контроля) (Δ), мм	Средство измерения (контроля)	Предельная погрешность средства измерения (контроля) (δ), мм	Сопоставление ($\delta \leq \Delta$)	Число контрольных точек
1	2	3	4	5	6
Входной контроль					
$\varnothing 166h14_{(-1)}$	0,20	ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89	0,1	$0,1 < 0,2$	3
$\varnothing 206h14_{(-1,15)}$	0,24	ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89	0,1	$0,1 < 0,24$	3
$9 \pm 0,18$	0,08	ШЦ-I-150-0,05 ГОСТ 166-89	0,05	$0,05 < 0,08$	3
$15 \pm 0,215$	0,09	ШЦ-I-150-0,05 ГОСТ 166-89	0,05	$0,05 < 0,09$	3
$13 \pm 0,215$	0,09	ШЦ-I-150-0,05 ГОСТ 166-89	0,05	$0,05 < 0,09$	3
$60 \pm 0,37$	0,16	ШЦ-I-150-0,05 ГОСТ 166-89	0,05	$0,05 < 0,16$	3
$\varnothing 208h14_{(-1,15)}$	0,24	ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89	0,1	$0,1 < 0,24$	3
$\varnothing 168h14_{(-1)}$	0,20	ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89	0,1	$0,1 < 0,2$	3
$\varnothing 148H14^{(+1)}$	0,20	НИ-160М-0,01 ГОСТ 868-82	0,015	$0,015 < 0,20$	3
$\varnothing 62H14^{(+0,74)}$	0,16	НИ-160М-0,01 ГОСТ 868-82	0,015	$0,015 < 0,16$	3
$\varnothing 26H14^{(+0,52)}$	0,12	НИ-160М-0,01 ГОСТ 868-82	0,015	$0,015 < 0,12$	3
$9 \pm 0,18$	0,08	ШЦ-I-150-0,05 ГОСТ 166-89	0,05	$0,05 < 0,08$	3
$\varnothing 80h14_{(-0,87)}$	0,18	ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89	0,1	$0,1 < 0,18$	3
$50 \pm 0,37$	0,16	ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89	0,05	$0,05 < 0,16$	3
R22	-	Шаблон радиусный ГОСТ 4126-66	-	-	3
Операционный контроль					
$\varnothing 196h14_{(-1,15)}$	0,24	ШЦ-I-200-0,1 ГОСТ 166-89	0,1	$0,1 < 0,24$	3
$\varnothing 162h11_{(-0,25)}$	0,20	ШЦ-I-200-0,1 ГОСТ 166-89	0,1	$0,1 < 0,20$	3
$\varnothing 164h14_{(-1)}$	0,20	ШЦ-I-200-0,1 ГОСТ 166-89	0,1	$0,1 < 0,20$	3

Продолжение таблицы 13

Ø66H11(^{+0.19})	0,04	Калибр-пробка H11	-	-	3
8±0,180	0,08	ШЦ-II-125-0,05 ГОСТ 166-89	0,05	0,05<0,08	3
9±0,180	0,08	ШЦ-II-125-0,05 ГОСТ 166-89	0,05	0,05<0,08	3
54 _{-0,3}	0,16	ШЦ-II-125-0,05 ГОСТ 166-89	0,05	0,05<0,16	3
8±0,180	0,08	ШЦ-II-125-0,05 ГОСТ 166-89	0,05	0,05<0,08	3
R1; R0,6	-	Шаблон радиусный ГОСТ 4126-66	-	-	3
Ø200h14(_{-1,15})	0,24	ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89	0,1	0,1<0,24	3
170 ₋₁	0,20	ШЦ-II-250-0,1 ГОСТ 166-89	0,1	0,1<0,2	3
Ø158H8(^{+0.063})	0,016	Калибр-пробка H8	-	-	3
Ø148H14(⁺¹)	0,20	НИ-160М-0,01 ГОСТ 868-82	0,015	0,015<0,20	3
8±0,5	0,08	ШЦ-II-125-0,05 ГОСТ 166-89	0,05	0,05<0,08	3
34±0,1	0,14	ШЦ-II-125-0,05 ГОСТ 166-89	0,05	0,05<0,14	3
Ø148H15(^{+1,6})	0,32	НИ-160М-0,01 ГОСТ 868-82	0,015	0,015<0,32	3
1,5×45°	-	Шаблон на фаску	-	-	3
30°, 60°, 25°30'±30', 15°30', 120°, 30°±1°, 45°	-	Угломер тип 1-2 ГОСТ 5378-88	-	-	3
Ø7H14(^{+0.36})	0,08	Калибр-пробка H14	-	-	3
Приемочный контроль					
Ø158h8(_{-0.063})	0,016	КИМ Dea Global Silver	0,0019	0,0019<0,016	8
Ø68H7(^{+0.03})	0,009	КИМ Dea Global Silver	0,0019	0,0019<0,009	8
Ø32H7(^{+0.025})	0,007	КИМ Dea Global Silver	0,0019	0,0019<0,007	8
Ø158H8(^{+0.063})	0,016	КИМ Dea Global Silver	0,0019	0,0019<0,016	8
Позиционный допуск 0,5	0,5	КИМ Dea Global Silver	0,0019	0,0019<0,5	18
Допуск радиального биения 0,15	0,15	КИМ Dea Global Silver	0,0019	0,0019<0,15	6
Допуск параллельности 0,02	0,02	КИМ Dea Global Silver	0,0019	0,0019<0,02	8
Допуск параллельности 0,05	0,05	КИМ Dea Global Silver	0,0019	0,0019<0,05	6

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

44.03.04.385.ПЗ

Лист

42

Окончание таблицы 13

Допуск соосности 0,05	0,05	КИМ Dea Global Silver	0,0019	0,0019<0,05	6
Шероховатость поверхностей	-	Образцы шероховатости ГОСТ 9378-93	-	-	-

На входном и операционном контроле были выбраны такие средства, чтобы оператор станка или контролер могли на месте произвести измерения. Приемочный же контроль нужно осуществить непосредственно с помощью КИМ. При серийном производстве необходимо применение КИМ, так как это позволит контролировать детали сложной пространственной конфигурации максимально оперативно, процесс может быть полностью автоматизирован, в отличие от применения стандартного измерительного инструмента. Другие преимущества и особенности КИМ рассмотрим далее.

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Разработка твердотельной 3D модели детали

КОМПАС-3D — система трехмерного проектирования, ставшая стандартом для тысяч предприятий, благодаря сочетанию простоты освоения и легкости работы с мощными функциональными возможностями твердотельного и поверхностного моделирования [28].

Созданные специалистами АСКОН параметрические технологии и применение собственного математического ядра С3D представляют собой главную неповторимость продукта.

Программы данного семейства автоматически генерируют ассоциативные виды трёхмерных моделей (в том числе разрезы, сечения, местные разрезы, местные виды, виды по стрелке, виды с разрывом). Все они ассоциированы с моделью: изменения в модели приводят к изменению изображения на чертеже. Стандартные виды автоматически строятся в проекционной связи.

В этой программе была создана объёмная модель детали «Корпус» (рис.17).

Создание 3D модели с помощью «КОМПАС-3D» необходимо, так как в дальнейшем при изготовлении детали используются ЧПУ станки, где созданная на первом этапе модель используется для написания управляющей программы. Важную роль она также играет в описании контуров и размеров при создании управляющей программы для КИМ, которая используется на этапе приемочного контроля. Так, с уже имеющейся трехмерной компьютерной моделью детали, программист тратит на создание программы несколько часов, а на написание программы для контроля детали вручную может занять несколько рабочих смен.

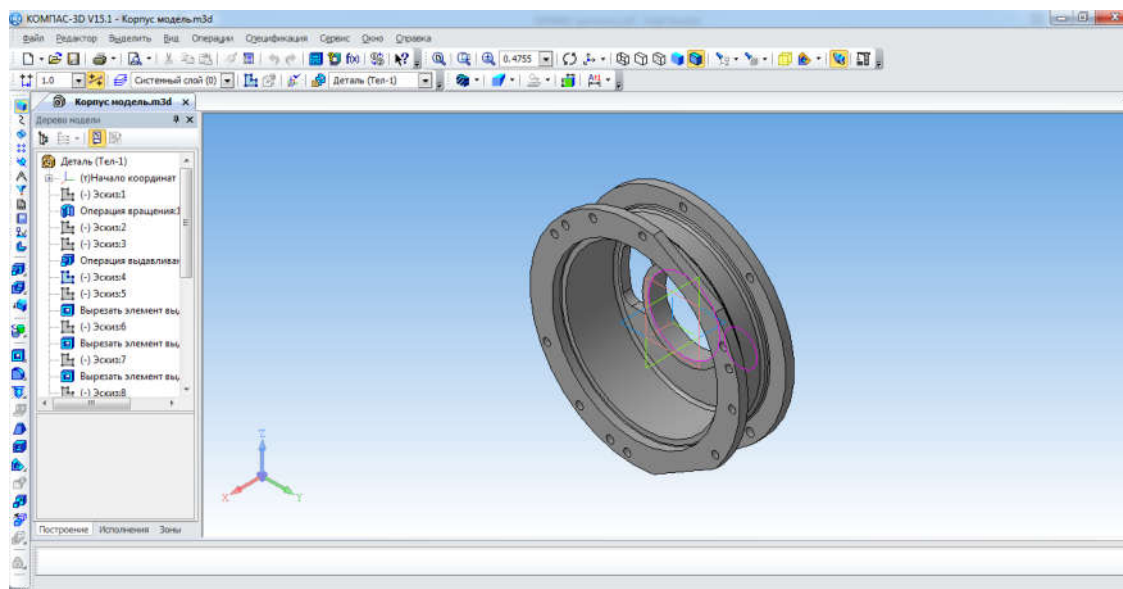


Рисунок 17 – Трехмерная модель детали «Корпус»

Для создания трехмерной модели с 2D чертежа «Корпус» был взят контур детали (рис.18), к которому применена операция «вращение» (рис.19).

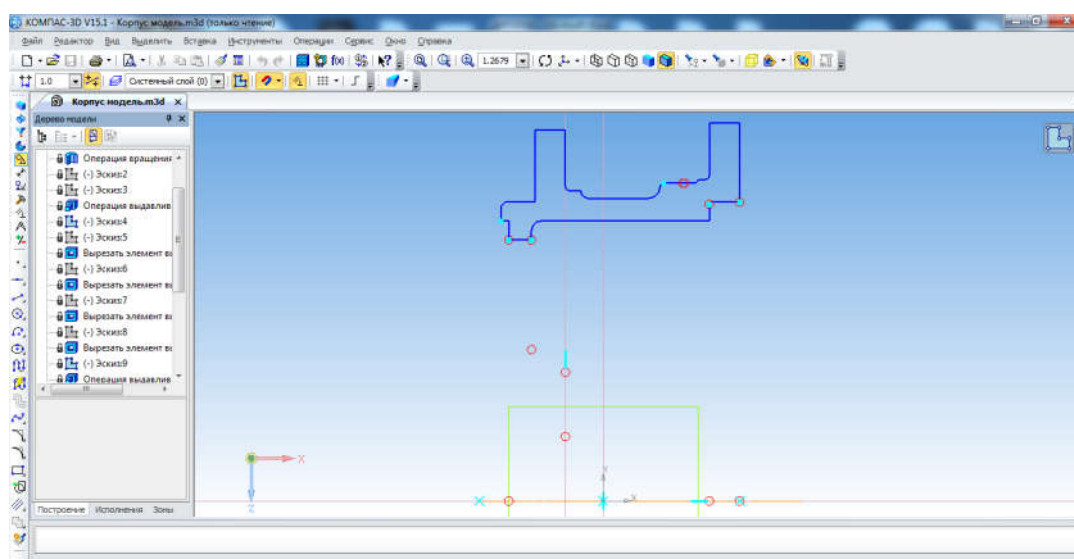


Рисунок 18 – Контур детали 2D модели

При помощи операции «вырезание» элемента «выдавливанием» были выполнены 2 отверстия, расположенные на торцах буртиков. Также повторяем эту операцию для двух центральных отверстий и окна. Торец детали, в котором расположено центральное отверстие было добавлено в сборку к телу вращения из первой операции при помощи кинематической операции «сопряжение» соосности и совпадения двух объектов сборки.

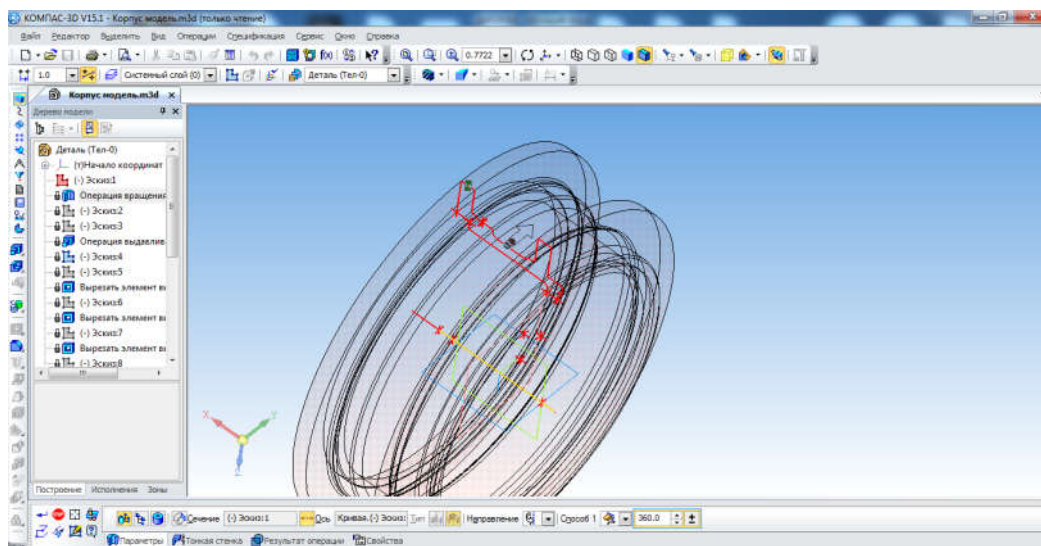


Рисунок 19 – Операция вращение детали

Помимо наглядности, простоты и удобства построения программа имеет множество полезных функций, например, точно рассчитать вес, получить эскизы трех главных видов с модели или любой произвольный вид, а также выполнять разрез детали. Для этого нужно создать чертеж и при помощи команды «вставка» использовать функцию «вид с модели» и «разрез». Данный метод может быть использован при создании карты эскизов процесса изготовления.

3.2 Разработка фрагмента управляющей программы

Для операции 010 Токарная с ЧПУ был разработан фрагмент управляющей программы для станка Emcomat E-300 под управление системы ЧПУ FAGOR 8055 (рис.20).



Рисунок 20 – Стойка с ЧПУ FAGOR 8055

В этой системе ЧПУ используется высокопроизводительная электроника, что позволяет вести скоростную обработку по 7-и осям. Эта ЧПУ является лучшим решением на средне и крупносерийном производстве. А новый графический интерфейс сделает работу с ЧПУ ещё более продуктивной.

Преимущества работы на стойке с ЧПУ FAGOR 8055:

- 1) Специальные алгоритмы для повышения скорости и качества обработки;
- 2) Достижение минимально возможного времени обработки детали;
- 3) Работа в любых плоскостях;
- 4) Настройка системы в графическом режиме;
- 5) Функциональный тест перед началом работы;
- 6) Поддержка различных способов программирования ISO, графический режим, Teach-in режим, встроенные циклы, составление профиля заготовки;
- 7) Ручная или автоматическая калибровка инструмента;
- 8) Управление 7-ю осями и 2-мя моторами шпинделя одновременно;
- 9) Поддержка инструментального барабана;
- 10) Подключение к компьютеру;
- 11) Простая установка и настройка.

Фрагмент управляющей программы для операции 010:

1. Установить и закрепить. Патрон токарный трехкулачковый.

G90 G54; - абсолютное позиционирование, смещение нулевой точки;

T1 D1; - выбор режущего инструмента;

G94 M3 S650 F0,2; - выбор подачи в мм/мин, включение шпинделя по часовой стрелке с частотой вращения 650 об/мин, подача 0,2мм/об;

2. Точить деталь по контуру.

G00 X-30 Z 5; - быстрое позиционирование;

M8; - включение СОЖ;

G01 Z0; - линейная интерполяция, перемещение инструмента относительно оси Z на нулевую точку;

G01 X-81; - линейная интерполяция, перемещение относительно оси X - 81 мм;

G01 Z-9; - линейная интерполяция, перемещение относительно оси Z - 9 мм;

G01 X-98; - линейная интерполяция, перемещение относительно оси X - 98 мм;

G01 Z-20; - линейная интерполяция, перемещение относительно оси Z - 20 мм;

G01 X-100; - перемещение относительно оси X - 100 мм;

G00 X-500 Z500 M09 M05; - быстрое позиционирование, отвод инструмента на безопасное расстояние, выключение СОЖ, отключение шпинделя;

T2 D2; - выбор режущего инструмента;

M6; - смена режущего инструмента;

G00 X-102 Z-22 M3 S485 M08 F0,1; - быстрое позиционирование, перемещение инструмента относительно оси Z на 22 мм, X на 102 мм, включение шпинделя с частотой вращения 485 об/мин, включение СОЖ, подача 0,1мм/об;

G01 X-83; - линейная интерполяция, перемещение инструмента относительно оси X на - 83мм;

G01 Z-19; - линейная интерполяция, перемещение инструмента относительно оси Z на -19мм;

G02 R1 Z18 X-84; - круговая интерполяция по часовой стрелке, радиус 1;

G01 X-99; - линейная интерполяция, перемещение инструмента относительно оси X на -99мм;

G00 Z -21; - быстрое позиционирование относительно оси Z - 21;

G00 X-82; - быстрое позиционирование относительно оси X - 82;

G01 Z-18; - линейная интерполяция, перемещение инструмента относительно оси Z на 18мм;

G02 R1 Z18 X-83; - круговая интерполяция по часовой стрелке, радиус 1;

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

G01 X-99; - линейная интерполяция, перемещение инструмента относительно оси X -99мм;

G00 X-500 Z500 M09 M05; - быстрое позиционирование, отвод инструмента на безопасное расстояние, выключение СОЖ, отключение шпинделя;

T3 D1; - выбор режущего инструмента;

M06; - смена режущего инструмента;

G00 X-33 Z3 M03 S1440 M08 F0,1; быстрое позиционирование, перемещение инструмента относительно оси Z на 3 мм, X на 33мм, включение шпинделя с частотой вращения 1440 об/мин, включение СОЖ, подача 0,1мм/об

G01 Z-19; - линейная интерполяция, перемещение инструмента относительно оси Z на 19 мм;

G01 X30; - линейная интерполяция, перемещение инструмента относительно оси X на 30мм;

G00 Z5; - линейная интерполяция, перемещение инструмента относительно оси Z на 5 мм;

G00 X-500 Z500 M09 M05; - быстрое позиционирование, отвод инструмента на безопасное расстояние, выключение СОЖ, отключение шпинделя;

M02; - завершение операции.

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3.3 Контроль детали при помощи координатно-измерительной машины Dea Global Silver

Для достижения максимальной производительности рекомендуется приемочный контроль детали производить на координатно-измерительной машине DEA GLOBAL Silver.

DEA Global трехкоординатная измерительная машина, являющаяся стационарной машиной портальной конструкции, предназначенная для измерений геометрических размеров, отклонения формы и расположения поверхностей элементов средних и крупных деталей сложной формы [22].

В отличие от своих предшественниц обновленная DEA GLOBAL Silver намного удобнее, на 35% быстрее и по точности не имеет конкурентов. Разработчики трудились над каждым компонентом и проработали всю электронную составляющую оборудования, снабдили ее программным обеспечением и сенсорной системой. Эта КИМ содержит в себе все возможности универсального инструмента метрологии: сканирующие датчики, тактильные датчики, стационарные и навесные измерительные головки для проведения измерений в лаборатории и в производственном цеху [35].

Множество факторов повлияли на производительность машины, например, оптимизация алгоритмов перемещения измерительной головки, расширение программного обеспечения, новый электронный контроллер.



Рисунок 21 – КИМ Dea Global Silver; пульт управления

Конструкция КИМ состоит из нескольких частей: неподвижная часть – плита основания (изготавливается из гранита); подвижная часть – портал-каретка-пиноль (обеспечивает перемещение по трём осям). Вдоль каждой оси расположены датчики перемещения – растровые линейки; измерительная головка, расположенная на конце пиноли. Она способна поворачиваться вокруг оси и качаться. Поворотная головка заменяет поворотный стол. На неё устанавливается электронный щуп [20].

Измерения производятся в ручном и микропроцессорном режимах. Ручной режим управления порталом осуществляется при помощи джойстика пульта управления (рис.21), микропроцессорный режим реализуется от клавиатуры компьютера.

Преимущества КИМ:

- 1) Быстрые расчеты;
- 2) Эффективная многозадачная обработка данных с дальнейшей отправкой результатов в компьютер;
- 3) Новая функция адаптивного сканирования;

В специальные формы программы PC-DMIS вводятся допуски отклонений измеряемой детали, и модуль адаптивного сканирования

автоматически вычисляет наиболее подходящую программу для осуществления сканирования детали, даже для самых сложных программ измерений.

4) Новые лазерные сканеры гарантируют невредимость хрупких деталей во время автоматических процессов измерений;

5) Работа без остановок;

Рабочая зона, так называемая предопределенная зона оповещения, всегда находится под контролем системы управления и если что-то постороннее появляется в этой зоне, то КИМ замедляет свою работу. Как только происходит устранение постороннего с рабочей зоны машина автоматически, без участия оператора, восстанавливает высокую скорость измерений.

6) Устойчивость к самым жестким условиям окружающей среды производства;

Dea Global гарантирует точные результаты измерений при быстрой смене температуры и даже таких как от 15 до 30°C, при вибрациях и присутствии грязи. Размещенные на корпусе измерительной машины тепловые датчики позволяют очень точно определить температуру на раме КИМ и на измеряемой детали. Алгоритм карты температурных компенсаций позволяет машине в реальном времени определять деформации самой машины и измеряемых деталей. Оптические датчики минимизируют ошибки измерений при условиях отличных от 20°C. На КИМ также установлена дополнительная защита от грязи и пыли и амортизаторы вибраций, которые предусматривают защиту от колебаний.

7) Доступное программное обеспечение PC-DMIS STI+;

STI (Single Touch Interface) - Единый сенсорный интерфейс, использовать который стало существенно проще. Начинающие операторы могут без затруднений работать с измерительной программой, создавать графические отчеты и в целом работать на КИМ из-за эргономичного и облегченного пользовательского интерфейса (рис.22). Новое программное обеспечение

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

позволяет не использовать все программные модули полной версии программного обеспечения PC-DMIS.



Рисунок 22– Интерфейс программы PC-DMIS

Новые КИМ DEA GLOBAL Silver могут поставляться с панелью управления uJB (universal JogBox), которая обеспечивает гибкость и различные конфигурации. UJB удобный инструмент, оснащенный очевидными символами, понятными для многих языков.

Для длительного пользования КИМ был специально разработан дисплей с сенсорным экраном; разработаны специальные страницы экрана с широко расставленными кнопками для удобства оператора (рис.23).

Версия uJB совместима с PC-DMIS и взаимодействует непосредственно с этим программным обеспечением через Bluetooth. Таким образом, отсутствует необходимость передвигаться вперед и назад между КИМ, дисплеем и клавиатурой, документооборот оптимизируется.



Рисунок 23 – Панель управления uJB

Технические особенности:

- 3.5” LCD цветной дисплей;
- класс защиты IP54;
- возможность установки дисплея для работы правой или левой рукой;
- открытая F/W архитектура для максимальной гибкости.

Измерения с помощью электронного щупа.

КИМ оснащена мультисенсорной технологией, позволяющей применять как измерительные триггерные датчики, щупы, так и лазерные сканирующие сенсоры в одном цикле измерения. Щуп является совершенным инструментом для проверки деталей со сложной геометрией и высокой механической точностью [20].

При соприкосновении щупа, закрепленного к измерительной оси и детали, все данные собираются машиной. Регистрация измеренных точек происходит, когда стержень щупа достаточно отклоняется для срабатывания механических контактов или для генерации необходимого усилия, воздействующего на схему, чувствительную к давлению. Также поступает сигнал контролеру, который фиксирует состояние счетчиков и регистрирует «точку». При измерениях вручную оператор должен быть внимательным, чтобы принять измерительные точки на скорости, которая не повредит систему щупа.

Касания щупа, так называемые «точки», по отношению к поверхности детали должны быть перпендикулярны (рис.24). Если касание не перпендикулярно поверхности детали, то имеет место скольжение. Скольжение (наконечник щупа скользит по детали и нормального механического контакта щупа нет) приводит к непостоянным и неповторяемым результатам. При касаниях щупа в пределах $\pm 20^\circ$ от перпендикулярного положения погрешности, вызываемые скольжением, не превышают один микрон [29].

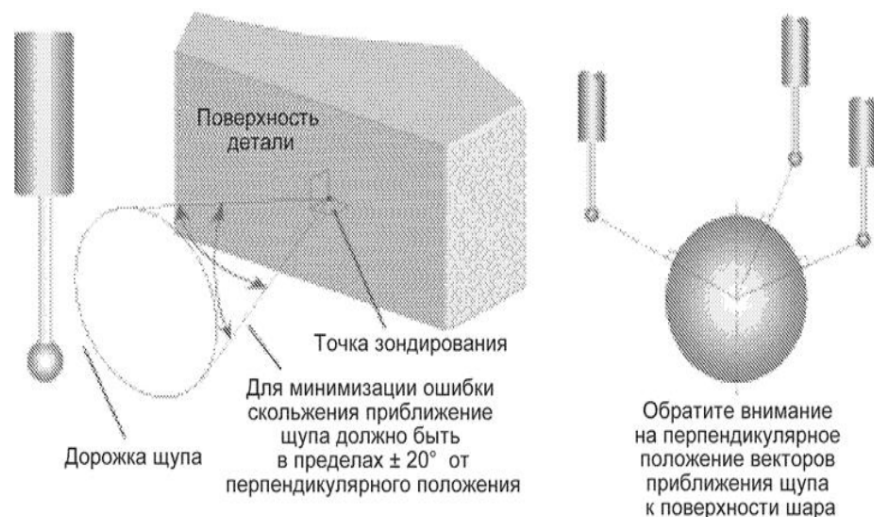


Рисунок 24 – плоскостное и сферическое контактное измерение

Первым этапом подготовки к измерению является загрузка имеющейся 3D модели детали в программу PC-DMIS, выделение поверхностей или выбор размеров и точек, которые нужно проверить. Далее фиксирование детали. Затем вводятся параметры ходов и выходов, так сказать, перемещений щупа, чтобы не произошло столкновения инструмента с деталью. Вследствие того, что мы уже имеем все необходимые размеры из модели, завершающим действием в написании управляющей программы станет ввод допуска на каждый размер вручную в соответствии с чертежом. Непосредственно контроль и получение отчета.

Контроль результатов измерений производится сравнением детали и ее CAD-модели с использованием мощных аналитических компьютерных средств анализа 3D-данных и современных алгоритмов пригонки/коррекции [18].

Частое использование такой управляющей программы для контроля партий изделий уже при размере партии в 10 штук оправдывают использование КИМ, то есть машина сокращает время выполнения операции до 20 минут, что повышает производительность.

4 МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В связи с обновлением производства, внедрением новых средств измерения и методов контроля, возникает необходимость профессионального обучения работников. Подготовка контролеров отдела ОТК в квалифицированных специалистов по профессии «Специалист по техническому контролю качества продукции» крайне важна для проведения контроля деталей на КИМ. Так как на предприятии нет учебного центра, переквалификация будет проходить в учебном центре ООО «Уралмашзавод».

4.1 Повышение квалификации работников в учебном центре

Учебный центр осуществляет профессиональную подготовку и повышение квалификации по профессиям машиностроительного комплекса и профессиональное обучение персонала предприятия в области охраны труда, эксплуатации опасных производственных объектов.

Цель работы – подготовка новых рабочих, повышение квалификации рабочих и специалистов ПАО «Уралмашзавод» и других предприятий города.

В Учебном центре работают высококвалифицированные и опытные преподаватели, имеющие большой практический стаж работы. Также в процесс обучения привлекаются специалисты-практики ПАО «Уралмашзавод» и других предприятий, преподавательский состав ВУЗов [37].

В учебном центре имеется учебно-практическая база, которая позволяет не только проводить теоретическое обучение, но и лабораторно-практические занятия по отработке первичных трудовых навыков. Весь аудиторный фонд центра оснащен мультимедийным оборудованием.

Программы профессионального обучения и повышения квалификации рабочих позволяют обучающимся приобрести необходимые знания, умения и

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

навыки, определяемые требованиями ЕТКС и профессиональных стандартов. Полученные профессиональные компетенции дают возможность выпускника работать по профессии на предприятиях соответствующего профессии профиля.

Организация обучения:

Формы обучения – очно-заочная (с частичным отрывом от производства).

Обучение по программе делится на две части:

1) Теоретическое обучение – лекции, практические работы, производственные экскурсии и др. Занятия проходят в специализированных аудиториях на базе учебного центра, которые проводят преподаватели-практики с многолетним опытом;

2) Производственное обучение – занятия проходят на предприятиях самих обучающихся на их рабочих местах, либо на учебно-производственном участке учебного центра.

Текущий контроль усвоения программного материала осуществляется на протяжении программы обучения в форме устных опросов, тестовых заданий, выполнения практических работ.

Итоговый контроль осуществляется по окончании обучения по программе в форме квалификационного экзамена.

4.2 Анализ профессионального стандарта

Профессиональный стандарт «Специалист по техническому контролю качества продукции» утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 21.03.2017 № 292н [38]. Регистрационный номер 31. Стандарт применяется работодателями при формировании кадровой политики и в управлении персоналом, при организации обучения и аттестации работников, заключении трудовых договоров, разработке должностных инструкций и установлении систем оплаты труда.

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В настоящем стандарте прописаны обобщенные трудовые функции, а именно функции: по контролю качества продукции на всех стадиях производственного процесса, по организации работ по контролю качества продукции в подразделении и по повышению качества продукции в организации.

Основная цель вида профессиональной деятельности: обеспечение выпуска (поставки) продукции, соответствующей требованиям нормативных документов и технических условий, утвержденным образцам (эталонам), проектно-конструкторской и технологической документации.

Рассмотрим одну из обобщенных трудовых функций: контроль качества продукции на всех стадиях производственного процесса.

Уровень (подуровень) квалификации: 5.

Трудовые функции:

- 1) Анализ качества сырья и материалов, полуфабрикатов и комплектующих изделий;
- 2) Инспекционный контроль производства;
- 3) Внедрение новых методов и средств технического контроля.

В учебном центре ООО «Уралмашзавод» разработан тематический план обучения специалистов по техническому контролю качества продукции (табл.14). План обучения составлен на 30 часов.

Таблица 14 – Тематический план теоретического обучения

№ п/п	Наименование темы	Количество часов
1	2	3
1.	Требования к рабочему месту	2
2.	Назначение, принцип действия КИМ Dea Global Silver	2
3.	Устройство КИМ Dea Global Silver, основные компоненты и их назначение	2
4.	Измерительный шуп, устройство, проверка, калибровка, подготовка к работе	6
5.	Подготовка КИМ к работе, подбор щупов	4
6.	Позиционирование и закрепление детали в рабочей области машины	2
7.	Измерение с использованием 3D модели	4
8.	Обработка результатов измерений	2

Окончание таблицы 14

9.	Подготовка протокола измерений	2
.	Экзамен	4
ИТОГО		30

4.3 Разработка занятия по повышению квалификации контролеров

Лекция является традиционным и одним из самых древних методов обучения, она позволяет излагать большой объем материала в короткий срок и сделать необходимые акценты.

Лекционное занятие представляет собой систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем-лектором учебного материала, как правило, теоретического характера. Преподаватель может применять наглядные средства обучения, используя доску, плакаты, показ слайдов и видеофильмов [11].

Из представленного плана (табл.14) была выбрана *тема занятия*: «Устройство КИМ Dea Global Silver, основные компоненты и их назначение».

Категория слушателей: сотрудники отдела технического контроля предприятия.

Количество часов, отводимых на занятие: 2 академических часа (90 минут).

Цели занятия:

- обучающая - изучить устройство, основные механические компоненты КИМ и их назначение;
- развивающая - развитие технологического мышления, умения выделять главное и обобщать;
- воспитательная - воспитать интерес к собственному профессиональному и личностному росту.

Тип занятия – изучение нового материала.

Вид занятия: лекция (объяснение).

Материально-техническое обеспечение занятия: мультимедийный проектор, экран, компьютер.

Таблица 15 – План хода занятия

№	Этап	Время мин.	Деятельность преподавателя	Деятельность обучающихся
1	2	3	4	5
1.	Организационный	5	Приветствие, отметка присутствующих в журнале	Приветствие преподавателя
2.	Вводная часть <i>Цели для преподавателя:</i> - создать условия для возникновения у обучающихся внутренней потребности включения в учебную деятельность; - способствовать повышению мотивации учения. <i>Цели для обучающихся:</i> - включиться в учебную деятельность; - подготовиться к восприятию нового учебного материала	5	Объявление темы урока и постановка общих целей занятия, выделение учебных задач по этапам занятия; разъяснение роли изучаемого материала для будущей профессиональной деятельности	Слушают, конспектируют
3.	Основная часть Изучение нового материала <i>Цели для преподавателя:</i> - обеспечить восприятие, осмысление и первичное запоминание знаний, связей и отношений в изучении понятий; - способствовать развитию познавательных способностей обучающихся посредством формирования умений рационального составления конспекта лекций. <i>Цели для обучающихся:</i> - понять материал, запомнить определения изучаемых параметров, осмыслить изучаемый учебный материал; - составить конспект по изучаемому материалу.	60	Объяснение нового материала с использованием принципа доступности, наглядности; пояснения по рациональному конспектированию изучаемого материала	Слушают, составляют конспект изучаемого материала. Изучают содержимое слайдов, осмысливают, запоминают новый материал

Окончание таблицы 15

4.	<p>Закрепление нового материала</p> <p><i>Цели для преподавателя:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - получить достоверную информацию о достижении всеми обучающимися запланированных результатов обучения; - организовать активные самостоятельные действия обучающихся с содержанием нового материала. <p><i>Цели для обучающихся:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - самостоятельно выполнять задания, требующие применения знаний в измененной ситуации. 	15	Организация работы по выполнению тестовых заданий.	Получают тест, выполняют.
5.	<p>Подведение итогов. Задание на дом</p> <p><i>Цели для преподавателя:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - провести анализ и оценку успешности достижения цели занятия, перспектив последующей работы; - поставить цели самостоятельной работы для обучающихся (что должны сделать обучающиеся в ходе выполнения домашнего задания) <p><i>Цели для обучающихся:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - иметь собственную оценку результатов занятия в целом и своей учебной деятельности в частности - уяснить цели и содержание домашнего задания. 	5	<p>Выставление и обоснование отметок обучающимся;</p> <p>– определение для обучающихся содержания и объема домашнего задания;</p> <p>– создание условий для дифференцированного выбора обучающимися заданий для самостоятельной работы.</p>	Слушают, записывают домашнее задание

4.3.1 Конспект занятия

Устройство измерительной машины (рис.25): основание, неподвижная часть, установленная на антивибрационные опоры, выдерживающие вес измерительной машины и гасящие любые внешние вибрации; неподвижный гранитный измерительный стол со вставками для фиксации измеряемой детали; подвижная часть состоит из портала (боковой привод, перемещающийся на воздушных подшипниках), центральной каретки и вертикальных салазок (или

шпинделя). Портал обеспечивает перемещение по трем осям. Расположенная на конце пиноли измерительная головка способна поворачиваться вокруг оси и качаться. Поворотная головка заменяет поворотный стол. На неё устанавливается электронный щуп.



Рисунок 25 – Устройство КИМ Dea Global Silver

Основные механические компоненты КИМ «Global» и их назначение.

Гранитный стол и опоры

Гранитный стол представляет собой единую полированную гранитную плиту, которая обеспечивает жесткую плоскую монтажную поверхность для детали. Гранитная плита поддерживается пятью регулируемыми опорами, три из которых снабжены противовибрационными подушками и служат основной опорой для всей машины (опорные стойки). Остальные две не соприкасаются с гранитной плитой и служат только в целях безопасности (опоры для защиты от опрокидывания). Опоры регулируются при монтаже машины для обеспечения нивелированной рабочей поверхности, которая необходима для точного измерения детали. На гранитном рабочем столе имеются четыре точки подъема.

Две из них на противоположных концах стола по его длине. При установке или перемещении КИМ эти точки подъема поддерживают подъемные штифты, что позволяет выполнить операцию канатного грузозахвата [36].

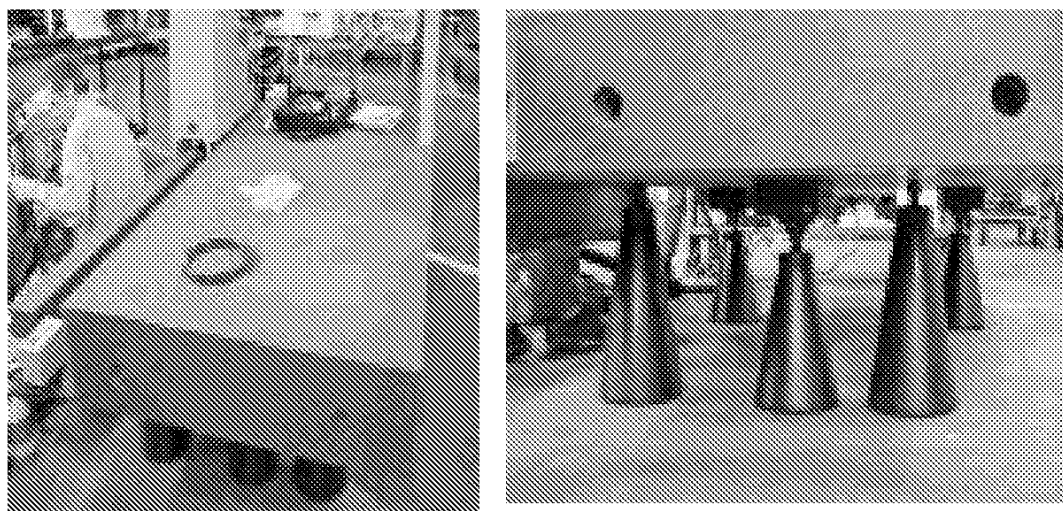


Рисунок 26 – Гранитный рабочий стол и Опоры (это только иллюстрация, расположение опор показано на схеме на следующей странице)

Расположение опор

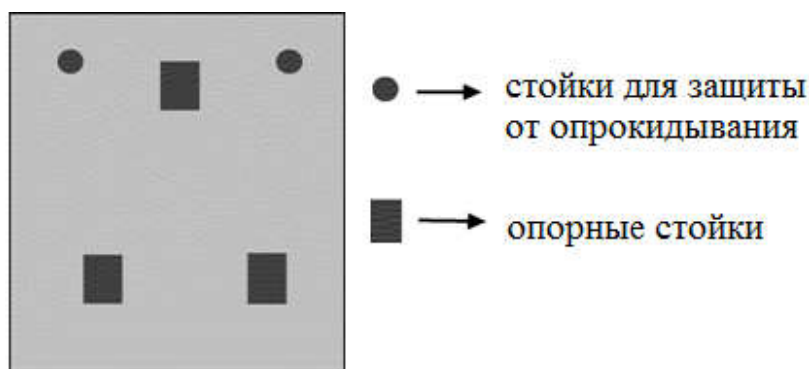


Рисунок 27 – Схема расположения предохраняющих от опрокидывания опор

На гранитном рабочем столе имеются металлические резьбовые вставки, которые надежно крепят болты и зажимы, удерживающие деталь при измерении. Металлические вставки располагаются в шахматном порядке на расстоянии около 20 – 30 см друг от друга. *Предупреждение:* не перетягивайте зажимные болты. Это может ослабить металлические вставки. Максимально допустимый вращающий момент - 20 Нм.

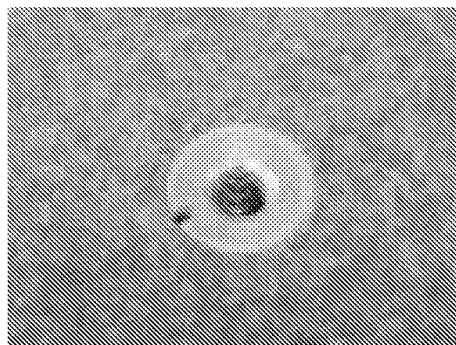


Рисунок 28 – Вставки для закрепления детали

Колея кабеля оси Y и блок воздушного фильтра/регулятора монтируются в правой нижней части гранитного рабочего стола.

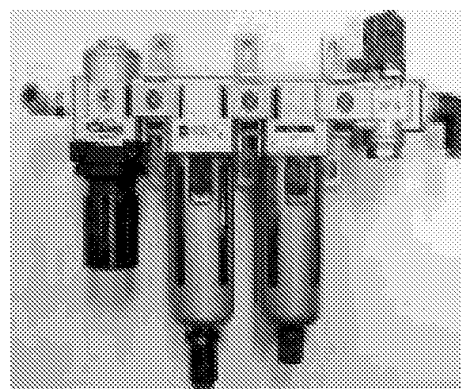
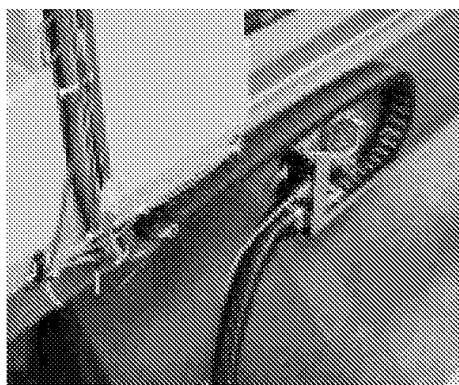


Рисунок 29 – Колея кабеля и Блок Воздушного фильтра/Регулятора

Портал

Портал представляет собой блок, выполненный из твердого алюминиевого сплава, и состоящий из направляющей X, поддерживаемой двумя стойками: правой (ведущей) и левой. Конструкция из алюминиевого сплава обеспечивает большую амортизацию и быстрее достигает теплового равновесия, что существенно сокращает период подготовки КИМ к работе. Ведущая стойка монтируется на направляющей Y гранитного стола и снабжена шестью воздушными подшипниками. Три – спереди и три – сзади. Два внутренних воздушных подшипника предварительно нагружены и «фиксируют» портал на месте, когда КИМ не производит перемещений.

Блок управления пневматикой измеряет минимальное давление на входе в контур питания воздушных подшипников и активирует приводные двигатели осей только в том случае, если давление воздуха достаточно и равно 4 бар.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

44.03.04.385.ПЗ

Лист

64

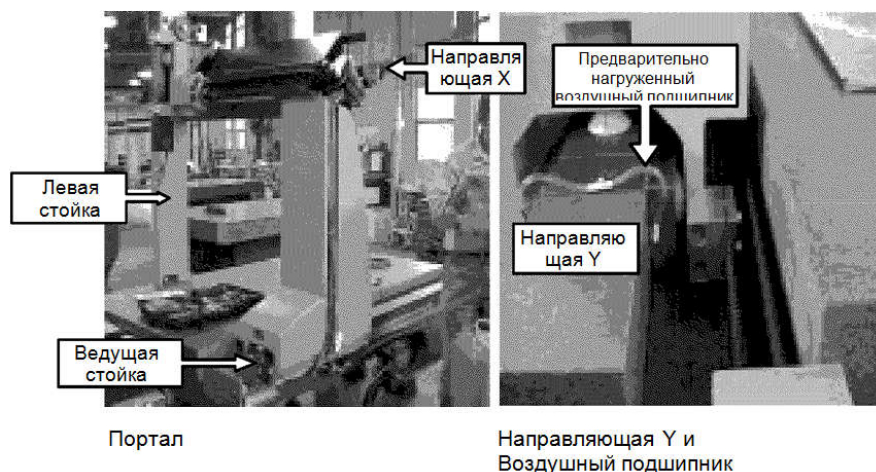


Рисунок 30 – Конструкция портала

На ведущей стойке находится туннельный канал, в котором располагаются и защищены пневматические трубы и электропроводка. Во время работы КИМ ведущая стойка перемещается вдоль Y-оси посредством приводного ремня, который передаёт усилие от электродвигателя через ряд шкивов и ремней. Левая стойка снабжена одиночным воздушным подшипником и движется поверх гранитной поверхности.

Каретка X- Z

Каретка X- Z, изготовленная из алюминиевого литья, движется вдоль X - направляющей моста и поддерживает башню и Z-плунжер. Каретка снабжена пятнадцатью воздушными подшипниками: шесть X и девять Z подшипников. Один из двух задних верхних воздушных подшипников предварительно нагружен и «блокирует» каретку на место, когда КИМ не работает.

Во время работы КИМ каретка X - Z приводится в движение приводным ремнем, прикрепленным к двигателю, и движется вдоль X - оси. Башня крепится поверх каретки X- Z и размещает Z плунжер.

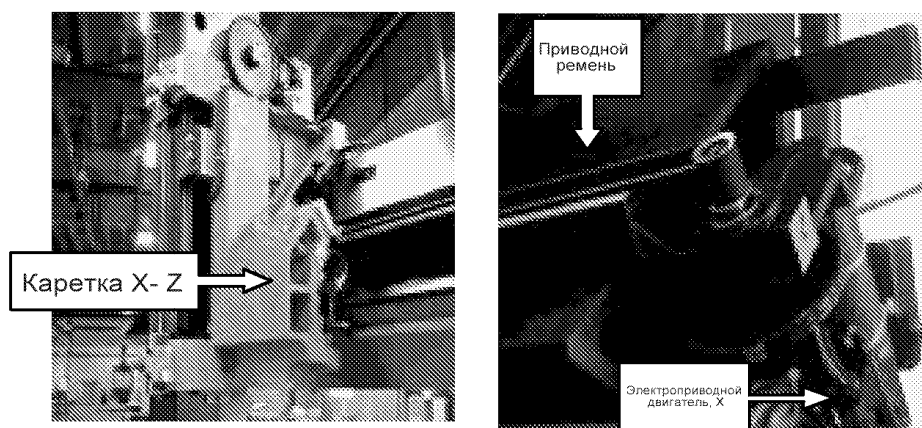


Рисунок 31 – Каретка X-Z, Приводной ремень и электродвигатель
Z плунжер и головка щупа

Z плунжер монтируется вертикально в зоне X-Z каретки и колонны. *Z* плунжер приводится в движение ремнем, приводимым от двигателя рядом шкивов и ремней, и движется вдоль *Z* оси. Цилиндр-противовес, который создаёт силу для компенсации веса *Z* плунжера, головки щупа и самого щупа, уравнивается в зоне *Z* плунжера. Головка щупа крепится на нижний конец *Z* плунжера и поддерживает щуп.

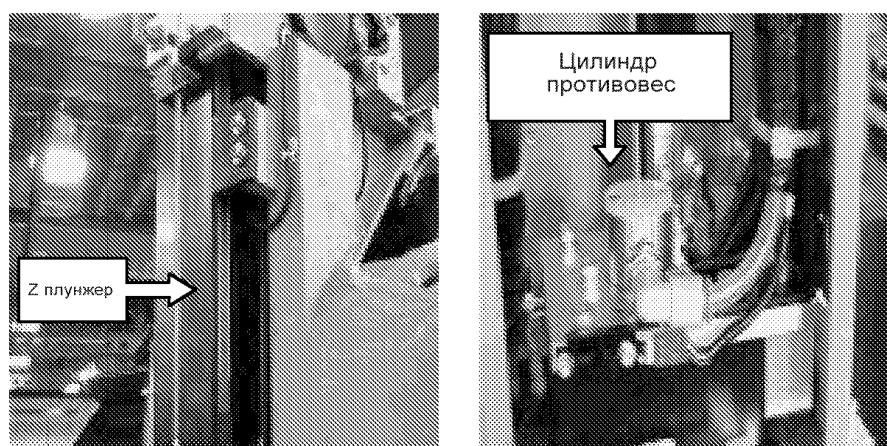


Рисунок 32 – *Z* плунжер и колонна, Цилиндр-противовес

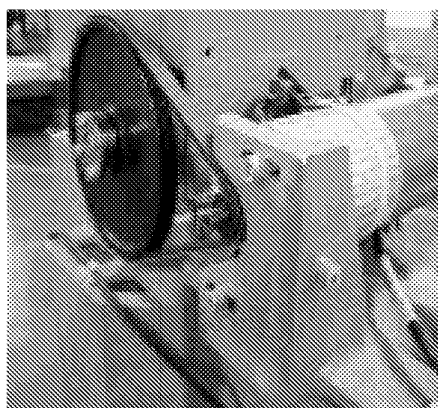


Рисунок 33 – Шкивы, ремень и двигатель; Головка щупа

Шкалы

Шкалы изготовлены из стали или стекла и имеют термическое расширение аналогичное конструкции КИМ во время предполагаемых нормальных изменений температуры. Машины, имеющие температурную компенсацию, имеют шкалы, закрепленные с обоих концов. Они поддерживаются в желобе, прикрепленном к машине. КИМ имеет три шкалы для каждой оси перемещения (X, Y и Z), каждая из которых имеет свою сканирующую головку (посылает сигнал на контроллер, указывая положение вдоль шкалы). Каждая сканирующая головка настраивается для поддержания точного допуска по шкале во время движения оси. Шкала X оси крепится на внешней стороне направляющей Y вдоль движения ведущей стойки, а сканирующая головка X оси размещается между внешними воздушными подшипниками на ведущей стойке.

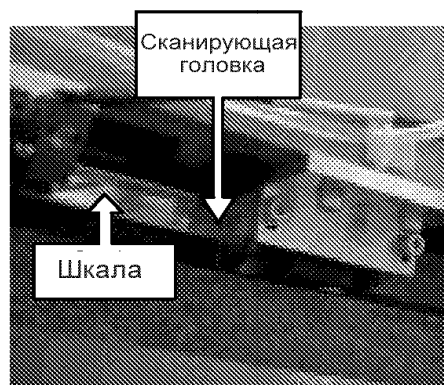
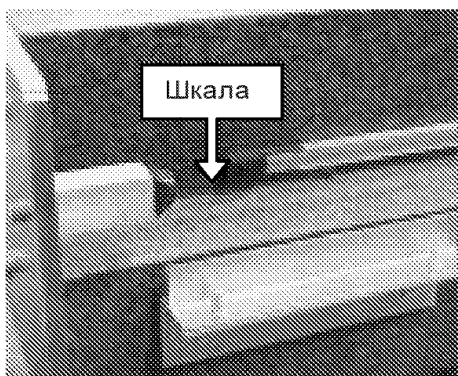


Рисунок 34 – Типовая шкала; Шкала и сканирующая головка, ось Y

Шкала X -оси монтируются на нижней стороне направляющей X вдоль движения каретки X-Z, а сканирующая головка оси X располагается между нижними воздушными подшипниками на каретке X-Z.



Рисунок 35 – Шкала и сканирующая головка оси X

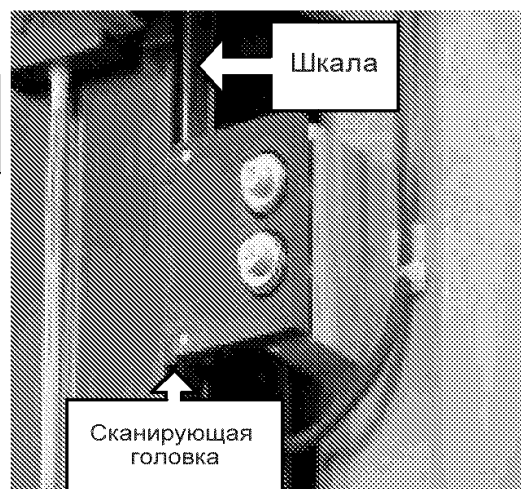


Рисунок 36 – Шкала и сканирующая головка оси Z

Шкала X оси монтируются вертикально на справа Z плунжере и движется вместе с Z плунжером через каретку X-Z. Сканирующая головка оси Z располагается на каретке X-Z между воздушными подшипниками правой стороны Z плунжера.

4.3.2 Разработка теста для контроля знаний

Для того чтобы закрепить новый материал обучающимся будет предложен тест с инструкциями и эталоном правильных ответов для преподавателя.

Дидактический тест для контроля знаний по теме «Устройство КИМ Dea Global Silver, основные компоненты и их назначение»

Инструкция

Тест состоит из 8 заданий, рассчитан на 15 минут. Выполняйте задания последовательно, следуя указаниям. Свои ответы вносите в бланк ответов.

Оценка результатов определяется по числу правильных ответов: 8 – отлично; 5-7 – хорошо; 4 – удовл.

Указание 1. Завершите утверждение 1-3, подбирая в пропущенные строки недостающую информацию.

1. На гранитном рабочем столе имеются металлические _____, которые надежно крепят _____ и _____, удерживающие деталь при измерении.

2. Портал представляет собой блок, выполненный из твердого алюминиевого сплава, и состоящий из _____, поддерживаемой двумя стойками: _____ и _____.

3. КИМ имеет _____ шкалы для каждой оси перемещения, каждая из которых имеет свою сканирующую головку. Каждая сканирующая головка настраивается для поддержания точного _____ по шкале во время движения оси.

Указание 2. Завершите утверждения с 4 по 6, выбрав один из предлагаемых вариантов окончания.

4. Конструкция портала из алюминиевого сплава быстрее достигает теплового равновесия, поэтому период подготовки КИМ к работе:

- А) Увеличивается;
- Б) Сокращается;
- В) Остается неизменным.

5. Каретка X-Z снабжена пятнадцатью воздушными подшипниками, которые делятся на:

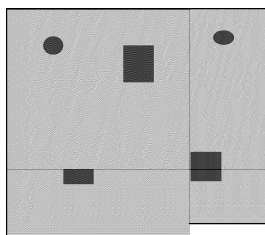
- А) 9X и 6Z;
- Б) 7X и 8Z;
- В) 6X и 9Z.

6. Блок управления пневматикой измеряет минимальное давление на входе в контур питания воздушных подшипников и активирует приводные двигатели осей только в том случае, если давление воздуха:

- А) Равно 4 бар;
- Б) Не достигло 4 бар;
- В) Превышает 4 бар.

Указание 3. В задании 7-8 установите соответствие информации левого и правого столбцов и заполните форму ответа.

7. Соотнесите верные названия опорных стоек с их обозначениями согласно схеме.



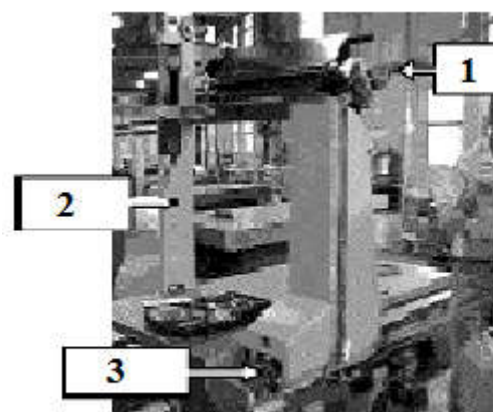
Опорные стойки
Стойки амортизации
Стойки для защиты от опрокидывания
Жесткие опоры



Ответ: ● — _____; ■ — _____.

8. Соотнесите верные названия составляющих портала, согласно рисунку.

Направляющая X
Направляющая Y
Направляющая Z
Правая (ведущая) стойка
Портальная стойка
Опорная стойка
Левая стойка



Портал

Ответ: 1 — _____; 2 — _____; 3 — _____.

Эталон правильных ответов

1. резьбовые вставки, болты, зажимы, две
2. направляющей X, правой (ведущей), левой
3. три, допуска
4. Б
5. В
6. А
7. ● – Стойки для защиты от опрокидывания ; ■ – Опорные стойки.
8. 1– направляющая X, 2 – левая стойка, 3 – правая (ведущая) стойка.

Выполнение данного теста увеличивает ответственность за выполняемую работу не только обучающихся, но и преподавателя. Тестирование позволяет не только увидеть пробелы в знаниях или успехи обучающихся при изучении материала, но и прививает такие качества, как аккуратность выполнения заданий и подготовленность к систематическому труду.

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам выполнения выпускной квалификационной работы был проанализирован и модернизирован базовый технологический процесс обработки детали «Корпус» механизма подъема путем использования высокопроизводительных станков с ЧПУ для технологического процесса обработки детали.

Построена 3D – модель детали в программе «Компас – 3D».

Разработан фрагмент управляющей программы для токарной операции.

Разработан входной, операционный контроль технический контроль с применением специальных и универсальных средств измерения.

Приемочный контроль было предложено проводить на координатно-измерительной машине Dea Global Silver.

В методической части разработано занятие на тему: «Устройство КИМ Dea Global Silver, основные компоненты и их назначение» в программе повышения квалификации для специалистов по техническому контролю качества продукции.

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия [Электронный ресурс]. – Введ. 1997-01-01. – Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов, 2004. – 21 с. // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200009199>.
2. ГОСТ 14.205-83. Технологичность конструкции изделий. Термины и определения (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Введ. 1983-07-01. – М.: Издательство стандартов, 2009. – 22 с. // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200008329>.
3. ГОСТ 14.201-83. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Введ. 1984-01-01. – М.: Издательство стандартов, 2009. – 18 с. // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-14-201-83>.
4. ГОСТ 25347-82. Основные нормы взаимозаменяемости. ЕСДП. Поля допусков и рекомендуемые посадки (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Введ. 1983-07-01. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 181 с. // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200012221>.
5. ГОСТ 8.051-81 (СТ СЭВ 303-76). Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Погрешности, допускаемые при измерении линейных размеров до 500 мм [Электронный ресурс]. – Введ. 1982-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 11 с. // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200003821>.

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения (с Изменением N 1) [Электронный ресурс]. – Введ. 1977-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 38 с. // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации.– Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200009548>.

7. ГОСТ 16504-81. Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения [Электронный ресурс]. – Введ. 1982-01-01. – М.: Издательство стандартов, 2011. – 35 с. // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200005367>.

8. РД 50-98-86. Методические указания. Выбор универсальных средств измерений линейных размеров до 500 мм [Электронный ресурс]. – Введ. 1987- 07-01. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 80 с. // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200043341>.

9. Анисимова Л. И., Кривоногова А. С. Метрологические характеристики средств измерений и технического контроля геометрических величин [Текст]: справочник / сост. Л. И. Анисимова, А. С. Кривоногова. – Екатеринбург: ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2009. – 291 с.

10. Белецкий В. М., Кривов Г. А. Алюминиевые сплавы (Состав, свойства, технология, применение): Справочник/под общей редакцией академика РАН И.Н. Фридляндера — К.: «КОМИНТЕХ», 2005. – 365 с.

11. Бурцева, Л.П. Методика профессионального обучения [Электронный ресурс] : учеб. пособие – Электрон. дан. – М.: ФЛИНТА, 2016. – 160 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/74589>.

12. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание,

стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256с.

13. Гузанов Б. Н. Дипломное проектирование в профессионально-педагогическом вузе: учеб.-метод. пособие / Б.Н. Гузанов, И.В. Осипова, О.В. Тарасюк, М.А. Черепанов. – Изд. 2-е, исправ. – Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2012. – 182 с.

14. Должиков В. П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.П. Должиков; Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 143 с. – Режим доступа: <https://pu34.edusite.ru/DswMedia/doljikovosnovyiprogramminaladkistankov.pdf>

15. Козлова Т. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения [Электронный ресурс]: учеб. пособие 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Изд-во ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2012. – 138 с. – Режим доступа: <http://elar.rsvpu.ru/handle/123456789/1262>.

16. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова: в 2 т. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – Т.2. – 496 с.

17. Кривоногова А.С. Задания и методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Технический контроль в машиностроении». Екатеринбург, ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», 2017. – 36 с.

18. Ловыгин А. А. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система [Электронный ресурс] / А. А. Ловыгин, Теверовский Л. В. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 280 с. – Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970601235.html>.

19. Мирошин Д. Г. Технология программирования и эксплуатация станков с ЧПУ [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Д. Г. Мирошин, Т. В. Шестакова, О. В. Костина. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2011. – 79 с. – Режим доступа: rsvpu.ru...3468/Miroshin_D.G...programmirovaniya.pdf.

					44.03.04.385.ПЗ	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

20. Мурачёв Д. А., Черепанов М. А. Методика измерения параметров на координатно-измерительной машине GLOBAL CLASSIC 05.05.05 [Электронный ресурс] / Молодой ученый. – 2016. – №12.3. – С. 53-58. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/116/31850/>.

21. Фельдштейн Е. Э., Корниевич М.А. Обработка деталей на станках с ЧПУ [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – 3-е изд., доп. – Минск: Новое знание, 2008. – 299 с. – Режим доступа: <https://eknigi.org/professii/114551-obrabotka-detalej-na-stankax-s-chpu.html>.

22. Чапала О. В. Координатно-измерительные машины и их применение. [Электронный ресурс] // Новаинфо. – 2016. – № 57. – Режим доступа: <https://novainfo.ru/article/10054>.

23. Чупырин В. Н. Технология технического контроля в машиностроении: справочное пособие/ под общ. ред. В. Н. Чупырина. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 400 с.

24. Этингоф М. И. Автоматический размерный контроль на металлорежущих станках [Электронный ресурс] / 2-е изд., перераб. и доп. – Москва, АПР, 2016. – 336 с. – Режим доступа: http://dopusk.net/?page_id=2206.

25. Группа «Комос» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.groupkomos.ru/>.

26. Контактные измерительные системы для станков с ЧПУ. Технические характеристики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://zadelrf.ru/upload/uf/9c6/9c6bbbe5b782ff0c9bfde8d2d08da533.pdf>.

27. Первый машиностроительный портал - характеристика материала: сплав АК7ч [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.1bm.ru/techdocs/alloys/materials/59/info/1234/>.

28. Программа Компас [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kompas.ru/>.

29. Система контроля детали и инструмента для обрабатывающих центров с ЧПУ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://kospas.ru/sistema-kontrolya-detali-instrumenta>.
30. Станки EMCO с ЧПУ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.emco-world.com>.
31. Стойка Fagor [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.fagorautomation.ru/cnc.html>.
32. Фрезерный станок [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://tornus.ru/katalog/metallorezanie/frezernoe-oborudovanie/frezernye-stanki/>.
33. Электронный каталог металлорежущего инструмента Korloy [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.korloy.com/ru/download/cata.do>.
34. Электронный каталог инструмента HOFFMANN GROUP 2015 № 46 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://lab2u.ru/osnovnoi-katalog-hoffmann-group-2015-46-instrument>.
35. Координатно-измерительная машина Dea Global Silver [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.qualitet.su/?id=10794>.
36. Руководство к КИМ Dea Global [Текст] – 74 с.
37. ЧУДПО «Учебный центр «УРАЛМАШЗАВОД» [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.uralmash.ru/non-core_business/nou_uchebnyy_tsentr/.
38. Об утверждении профессионального стандарта "Специалист по техническому контролю качества продукции" [Электронный ресурс]. – Утв. 2017-03-21. – 24 с. // Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/420395727>.